

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Beveling

Beveling adalah teknik persiapan material berupa pemotongan miring pada tepi plat atau pipa untuk menciptakan ruang yang memungkinkan peleburan dari kawat las dapat maksimal, teknik ini juga berfungsi untuk meningkatkan kekuatan sambungan, khususnya pada desain *beveling v-groove*. *V-groove* dirancang untuk sambungan yang membutuhkan penetrasi las yang dalam, sehingga dapat mendistribusikan tegangan secara seragam dan meningkatkan kekuatan sambungan (Jamal et al., 2025). Secara teknik, *beveling* las jenis *v-groove* tunggal (*single v-groove*) sangat sesuai digunakan pada benda kerja yang ketebalannya mulai dari 5 mm hingga 20 mm untuk memastikan penembusan las mencapai 100% (Candra et al., 2023). Parameter yang mempengaruhi kualitas penetrasi ini adalah ukuran sudut *beveling* (*beveling angel*). Variasi sudut *beveling* terbukti secara eksperimental pada penelitian sebelumnya memiliki pengaruh langsung terhadap perubahan sifat mekanik pada benda kerja plat maupun pipa, seperti kekuatan uji tarik dan uji kekerasan (Abadi et al., 2024). Oleh karena itu, analisis terhadap penyimpangan geometri dan getaran pada mesin *beveling plasma cutting* menjadi hal yang penting dilakukan. Jika mesin mengalami getaran dan penyimpangan yang terlalu besar dapat menyebabkan kurangnya ketepatan dalam pembuatan sudut *beveling* las.

2.1.2 Penyimpangan Geometri

Penyimpangan geometri merupakan kondisi dimana bentuk, posisi dan orientasi nyata dari suatu komponen mesin mengalami pegeseran dari bentuk awal yang sudah ditentukan. Pada proses manufaktur penyimpangan geometri tidak dapat dihilangkan sepenuhnya. Usia pakai mesin, beban mekanis selama operasi, deformasi secara perlahan akan menurunkan tingkat geometri yang sudah ditentukan pada sistem penggerak mesin (Ariyanto et al., 2017).

Pengujian dan analisis terhadap pengujian geometri sumbu-sumbu penggerak mesin sangat penting dilakukan dikarenakan penyimpangan sekecil apapun dapat mempengaruhi hasil dari produk akhir yang akan dihasilkan (Tolosi et al., 2015). Oleh karena itu, analisis perbandingan antara hasil penyimpangan geometri aktual terhadap batas toleransi yang diizinkan menjadi indikator utama dalam menentukan mesin layak atau tidaknya untuk dioperasikan (Yudo et al., 2019).

Untuk metode evaluasi dan pengukuran secara internasional, klasifikasi penyimpangan geometri beserta simbol-simbolnya mengacu pada standar ISO 1101. Berdasarkan standar tersebut, penyimpangan geometri pada struktur rangka dan sumbu mesin *beveling plasma cutting* dapat dikelompokkan ke dalam beberapa parameter utama, yaitu penyimpangan bentuk, penyimpangan orientasi, dan penyimpangan putar.

1. Penyimpangan Bentuk

Salah satu parameter penyimpangan bentuk adalah kedataran (*flatness*). Kedataran merupakan kondisi ketika seluruh titik pada suatu permukaan berada pada satu bidang datar ideal secara matematis. Dalam standar ISO. Pada mesin *beveling plasma cutting*, penyimpangan kedataran pada rangka penopang utama dapat menjadi penyebab awal terjadinya ketidakstabilan gerakan linear pada sumbu mesin.

2. Penyimpangan Putar

Parameter penyimpangan putar yang digunakan adalah penyimpangan putar atau *circular run-out*. *Circular run-out* merupakan nilai penyimpangan maksimum yang terjadi pada suatu permukaan silindris ketika benda diputar satu putaran penuh atau 360° terhadap sumbu utamanya. Pengujian ini dilakukan pada poros spindel utama penggerak pipa atau pelat untuk memastikan bahwa pusat sumbu putar tetap stabil dan tidak mengalami gerakan goyang selama mesin beroperasi.

2.2.2.3 Alat Ukur Yang Digunakan Dalam Pengujian Geometri

1. Dial Indikator

Dial indicator atau jam ukur adalah instrumen pengukuran mekanis yang berfungsi untuk mengukur pergerakan linear yang sangat kecil dengan tingkat ketelitian mencapai 0,01 mm. Alat ini beroperasi dengan mengonversi pergerakan sentuhan dari ujung sensor menjadi putaran pada jarum skala. *dial indicator* yang dipadukan denganudukan magnetis (*magnetic base*) merupakan instrumen pokok untuk mengevaluasi tingkat (*parallelism*) pada rel pemandu, serta penyimpangan putar radial (*circular run-out*) pada poros pemutar mesin (Tolosi et al., 2015). Gambar dari *dial indicator* yang digunakan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 1 Dial Dan *Stand* Dial Indikator

Sumber :

<https://5.imimg.com/data5/SELLER/Default/2024/1/376193469/QO/IG/KL/419417/ultra-heavy-duty-dial-indicator-stand-500x500.jpg>

2. *Spirit Level*

Spirit level presisi mekanik adalah instrumen pengukuran inklinasi yang dirancang khusus untuk kalibrasi permesinan, dengan tingkat sensitivitas tinggi (biasanya mencapai 0,02 mm/m). Alat ini bekerja menggunakan prinsip gelembung udara di dalam tabung kaca berisi cairan yang akan bergeser apabila permukaan bidang yang diukur mengalami kemiringan. dalam prosedur standar pengujian mesin, sebelum parameter geometri lain diukur, struktur rangka utama mesin harus dipastikan berada dalam kondisi datar. Pada penelitian ini, *spirit level* diletakkan di atas rangka penopang utama dan meja kerja untuk menguji parameter kedataran. (Gundara & Riyadi, 2017). Gambar dari *spirit level* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 2 Spirit Level

Sumber : https://m.media-amazon.com/images/I/61aDUcZEVpL._AC_SX679_.jpg

2.1.3 *Getaran*

Getaran mekanis merupakan gerakan bolak balik dari suatu sistem mekanik disekitar titik atau kesetimbangan. Hampir seluruh mesin yang beroperasi akan menghasilkan getaran akibat gaya dari komponen yang bergerak atau yang berputar (Sadiana, 2016). Secara umum, getaran pada mesin perkakas disebabkan oleh adanya gaya yang memiliki ketidakstabilan nilai selama proses mesin berlangsung (Rao, 2004).

Frekuensi getaran secara fisik, apabila tidak terkendali dapat menimbulkan kondisi bising pada proses mesin berlangsung. Amplitudo getaran yang tak terkendali tampak dari goyangan pada mesin yang tidak beraturan. Hal ini tentu harus dapat diredam karena dapat menurunkan performa mesin bahkan dapat merusak mesin itu sendiri (Karyasa, 2011).

2.1.3.1 *Kategori Getaran*

Getaran dalam sistem mekanis dikategorikan ke dalam 2 kategori utama yang bersangkutan dengan pengoperasian mesin:

1. Getaran bebas : Getaran bebas terjadi ketika sistem mekanik diberikan gangguan awal lalu dibiarkan secara bebas. Contoh pada gerak harmonik pada bandul sederhana serta pada tegangan pada pegas vertikal maupun horizontal (Qoribullah, 2021).

2. Getaran Paksa : Getaran yang diakibatkan oleh gaya dari luar yang bekerja secara terus menerus pada saat mesin beroperasi. Contoh pada pemakanan pada mesin milling dan mesin bubut serta mesin perkakas lainnya (Qoribullah, 2021).

2.1.3.2 Parameter Getaran

Gerak getaran merupakan suatu fungsi periodik, dimana gerakan tersebut berulang-ulang secara beraturan dalam waktu yang sama (Clarkson, 1981). Untuk menngalisis getaran mekanis beberapa parameter utama yang digunakan:

1. Periode dan Frekuensi: Periode adalah banyaknya waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan getaran dalam 1 siklus penuh. Posisi komponen mesin waktu (t) akan sama dengan posisinya pada waktu t+T. Sedangkan frekuensi adalah laju pegulangan pada siklus tersebut per satuan waktu
2. *Displacement*: *Displacement* merupakan perpindahan jarak benda dari titik kesimbangannya. Dalam greak harmonik, persamaan simpangan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$x = A \sin(\omega t) \dots\dots\dots 2.1$$

3. Kecepatan (*velocity*): Turunan dari simpangan terhadap waktu. Kecepatan getaran adalah parameter yang paling direkomendasikan pada standar ISO getaran karena mengandung nilai dari kecepatan pergerakan material pada frekuensi menengah.

$$x' = A \omega \cos(\omega t) \dots\dots\dots 2.2$$

4. Percepatan (*acceleration*): Turunan kedua dari simpangan terhdap waktu yang mempresentasikan gaya deskruktif pada frekuensi tinggi.

$$x = -A \omega^2 (\omega t) \dots\dots\dots 2.3$$

2.1.4 Alat Yang Digunakan Untuk Mengukur Getaran

1. *Vibration Tester*

Vibration tester (atau secara umum disebut sebagai *vibrometer*) merupakan instrumen elektronik yang dirancang khusus untuk menangkap, mengukur, dan menganalisis parameter fisik dari osilasi mekanis pada komponen mesin yang beroperasi (Antomy, 2023). Di dalam dunia teknik permesinan, alat ini memegang peranan krusial sebagai instrumen perawatan prediktif (*predictive maintenance*) maupun evaluasi performa guna mendeteksi ketidakseimbangan struktural, kelonggaran mekanis, serta penyimpangan komponen sebelum memicu kerusakan fatal (Rao, 2017). Alat ukur yang digunakan adalah *vibration tester* dengan spesifikasi VM-6380.



Gambar 2. 3 *Vibration Tester VM-6380*

Sumber : <https://image.made-in-china.com/2f0j00SomibHhsfafv/Vm-6380-Digital-3-Axis-Vibration-Meter-Piezoelectric-Sensor-Displacement-Velocity-Acceleration.jpg>

2.2 Standar Yang Digunakan Pada Penelitian

2.2.1 Standar Penyimpangan Geometri

Pada penelitian ini standar digunakan sebagai acuan untuk nilai maksimum nilai penyimpangan geometri dan getaran. Dalam penelitian ini, pengukuran geometri dilakukan dengan mengacu pada standar ISO 2768-2 untuk menilai penyimpangan geometri berupa runout poros, kedataran rangka mesin, rel *torch plasma* dan *torch holder*. Standar ini digunakan sebagai batas toleransi yang dapat diterima terhadap penyimpangan hasil pengukuran. Kelas toleransi K dipilih

sebagai acuan karena mengacu pada tingkat toleransi umum dengan ketelitian menengah yang sesuai untuk analisis geometri mesin. Khususnya pada penyimpangan dalam ISO 2768-2 menetapkan bahwa nilai toleransi umumnya setara dengan nilai toleransi kelurusan atau kedataran.

Tabel 2. 1 Tabel Toleransi Penyimpangan Kedataran, Kesejajaran dan Kelurusan
Sumber : ISO 2768-2

Ranges of nominal lengths in mm	Tolerance Class		
	H	K	L
up to 10	0.02	0.05	0.1
above 10 to 30	0.05	0.1	0.2
above 30 to 100	0.1	0.2	0.4
above 100 to 300	0.2	0.4	0.8
above 300 to 1000	0.3	0.6	1.2
above 1000 to 3000	0.4	0.8	1.6

Tabel 2. 2 Tabel Penyimpangan *Run-Out*
Sumber : ISO 2768-2

Ranges of nominal lengths in mm	Tolerance Class		
	H	K	L
	0.1	0.2	0.5

2.2.2 Standar Getaran

Pada penelitian ini pengujian getaran pada mesin *beveling v-groove* ini memiliki karakteristik berbeda dari mesin perkakas lainnya seperti mesin *milling*, yaitu pada kecepatan putar mesin ini sangat rendah yaitu pada 5 rpm dengan menggunakan metode *plasma cutting* yang dimana dengan metode ini tidak ada terjadi kontak antar benda kerja dan alat potong, maka pengujian ini menggunakan standar ISO 20816-1 yang dimana standar tersebut umum digunakan sebagai referensi pada mesin yang bergerak dibawah 120 RPM karena pada standar ini menggunakan *acceleration* sebagai parameter yang digunakan untuk mengetahui

karakteristik getaran. Dikarenakan pada standar ISO 20816-1 tidak ada angka ambang batas untuk RPM rendah maka pengujian getaran pada penelitian ini menggunakan metode analisis kriteria relatif. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai *acceleration* pada saat mesin beroperasi tanpa beban pemotongan dengan nilai *accrleration* pada saat mesin beroperasi dengan beban pemotongan

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dengan judul *vibration analysis of CNC plsma cutting* (Tantowi et al., 2025). Metode yang digunakan pada penelitian adalah pemotongan pada *SS400 carbon steel plate* dengan ketebalan 5 mm, hasil pengujian pada pemotongan *SS400 carbon steel* dengan 20 kombinasi eksperimen dan parameter yang diuji adalah tekanan, arus dan kecepatan potong. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah RMS *acceleration and vibration*. Hasil eksperimen didapatkan bahwa RMS minimum 0,196 mm/s dan RMS maksimum 0,456 mm/s dengan RMS rata-rata 0,2862 mm/s standar deviasi pada RMS 0,693, *acceleration* minimum 0,014 mm/s, *acceleration* maksimum 0,024 mm/s dengan rata rata *acceleration* 0,0180 mm/s. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa parameter optimal tekanan sebesar 5,015 bar, arus 72,838 A, *cutting speed* 520,944 mm/min dengan hasil optimal RMS 0,282 mm/s, *acceleration optimal* 0,023g dengan *desirability* 0,618. Dengan nilai *desirability* tersebut mampu menghasilkan getaran yang cukup baik, meskipun belum mencapai kondisi yang ideal.

Penelitian terdahulu dengan judul *Optimization of Plasma Cutting Parameters on Dimensional Accuracy and Machining Time for Low Carbon Steel* (Hamood & Najm, 2020). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen pemotongan pada material *mild steel 1010* dengan ketebalan 4 mm dengan parameter yang digunakan adalah *arc current*, *cutting speed* dan *arc distance*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa deviasi hasil potongan berada pada rentang 0,21 mm hingga 0,77 mm. Deviasi terkecil sebesar 0.21 mm diperoleh pada *arc current* 90 A, *arc distance* 4 mm, dan *cutting speed* 3000 mm/min, sedangkan deviasi terbesar diperoleh pada *arc current* 90 A, *arc distance* 2 mm dan *cutting speed* 3000mm/min.

2.3.1 Keterbaruan (*novelty*)

Keterbaruan (*novelty*) dari penelitian ini adalah pengujian penyimpangan geometri dan pengujian getaran pada rpm rendah (5 Rpm). Penelitian ini menganalisis penyimpangan pada struktur penggerak mesin yang menimbulkan getaran yang dapat merambat ke posisi *plasma torch* yang dapat mempengaruhi hasil dari pemotongan pada pipa maupun plat.