

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Beveling

Beveling adalah proses pembuatan sudut tertentu pada bagian material sebelum dilakukan pengelasan. Pemilihan sudut *bevel* yang tepat juga merupakan salah satu faktor penting, sudut yang keliru bisa mengakibatkan distribusi panas yang kurang merata, penyerapan logam tambahan yang tidak efisien, dan peningkatan stres pada logam. Jika sudut *bevel* tidak sesuai, berbagai cacat seperti porositas, retakan, atau distorsi las dapat terjadi (Novansyah et al., 2023). Tujuan dari pembuatan *bevel* adalah untuk memudahkan pengelasan sambungan pada material tebal dan menghasilkan las yang kuat. *Bevel* ini penting terutama untuk pengelasan pada material yang tebal, karena tanpa *bevel* penetrasi yang dilakukan tidak akan tembus kesisi satunya dan tidak akan menghasilkan sambungan yang kuat. Menurut AWS D1.1/D1.1M:2020 (Structural Welding Code - Steel) pada halaman 83-84 dan EN ISO 9692-1:2013 pada halaman 3, sudut *bevel* untuk *single V groove* berkisar diantara 30° hingga 35°.

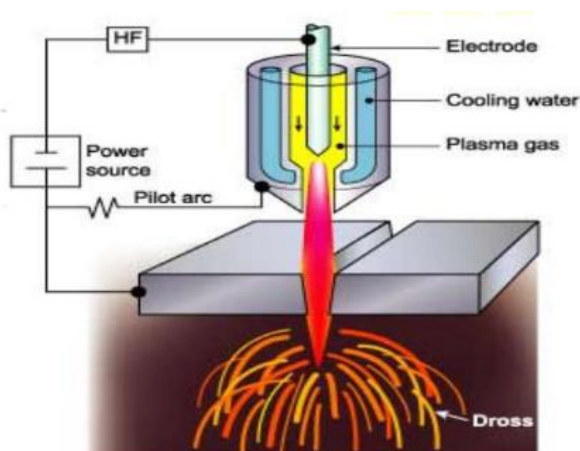
Dalam dunia industri, *beveling* banyak digunakan dalam sektor manufaktur, konstruksi, otomotif, dan fabrikasi logam untuk menciptakan sambungan yang lebih kuat dan presisi. Proses ini memungkinkan penetrasi las yang lebih baik dengan distribusi panas yang lebih merata, sehingga mengurangi risiko cacat pengelasan seperti kurangnya fusi atau porositas. Selain itu, *beveling* juga dapat digunakan dalam pembuatan komponen dengan desain khusus, meningkatkan estetika serta memudahkan perakitan dalam berbagai aplikasi teknik.

Dalam penerapannya, *beveling* dapat dilakukan dengan berbagai metode pemotongan, seperti *plasma cutting*, *oxy-fuel cutting*, *milling*, *grinding*, *laser cutting*, hingga *water jet cutting*, tergantung pada jenis material, ketebalan, dan tingkat presisi yang diinginkan. Sudut *bevel* yang dihasilkan dapat bervariasi, biasanya berkisar antara 30° hingga 45°, namun dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik, seperti dalam pembuatan sambungan las pipa tekanan tinggi atau struktur baja berat. Selain mempermudah pengelasan, *beveling* juga berperan

dalam meningkatkan keamanan dengan menghilangkan ujung material yang tajam, yang dapat mengurangi risiko cedera pada pekerja selama proses produksi dan pemasangan. Dengan demikian, *beveling* menjadi salah satu proses penting dalam industri teknik yang memastikan kualitas, keamanan, dan efisiensi dalam pembuatan serta perakitan komponen mekanis dan struktural.

2.1.2 Hasil Pemotongan Plasma Arc Cutting

Plasma arc cutting adalah metode pemotongan logam yang menggunakan gas yang telah diionisasi untuk menghantarkan listrik dan digunakan untuk memotong logam (Kornelius Siahaan et al., 2024). Saat memotong lembaran logam, gas bebas (nitrogen 78%, oksigen 21%, argon 1%) yang terkandung dalam udara terkompresi dihembuskan dari *nozzle* dengan kecepatan tinggi sementara busur terbentuk melaluinya. Gas yang keluar dari *nozzle* menyebabkan potongan permukaan berubah menjadi *plasma* dengan mengionisasi sebagian udara. Proses *Plasma Arc Cutting* diawali dengan terbentuknya busur *wolfram (arc)* diantara elektroda dan benda kerja dari hasil reaksi ionisasi listrik terhadap gas potong yang sangat konduktif. Gas dipanaskan oleh busur *wolfram* hingga suhunya meningkat sangat tinggi lalu gas akan terionisasi dan menjadi penghantar listrik (Antoni Akhmad, 2009). Elektroda pada ujungnya dimasukkan ke dalam *nozzle* yang berisi gas udara atau pendingin udara di dalam kepala las. Gas ini dipanaskan dan diionisasi, menghasilkan jet *plasma* terkompresi dengan suhu mencapai hingga 30.000°C dan kecepatan tinggi. Proses *plasma arc cutting* dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Proses plasma arc cutting.

Plasma arc cutting memerlukan sumber daya dengan tegangan tinggi. Meskipun tegangan operasional yang diperlukan untuk menjaga *plasma* biasanya berkisar antara 50 hingga 60 V, tegangan awal yang dibutuhkan untuk memulai proses ini dapat mencapai sekitar 400 VDC. *Plasma arc cutting* dapat digunakan baik secara manual maupun mekanis, digunakan untuk memotong aluminium, baja, dan *stainless steel*.

2.1.3 Parameter Pemotongan

Parameter pemotongan dapat mempengaruhi kualitas hasil potong dan waktu pengerjaan. Parameter pemotongan meliputi faktor-faktor seperti kecepatan pemotongan, intensitas arus, jarak *torch*, dan ketebalan material yang dipotong. Adapun parameter pemotongan yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu:

1) Kecepatan Pemotongan

Dalam fabrikasi logam, *plasma cutting* sangat penting karena menawarkan hasil potongan yang presisi, efisien dan fleksibel. Salah satu parameter kritis dalam *plasma cutting* yaitu *cutting speed* (Wijayanti et al., 2025). Kecepatan pemotongan merupakan salah satu faktor menentukan kualitas pemotongan. Jenis alat potong dan jenis benda kerja yang dipotong dapat menentukan kecepatan pemotongan. Tingkat pelelehan logam akan semakin kecil jika kecepatan pemotongan yang digunakan tinggi, karena semakin cepat proses pemotongan maka nilai panas yang diterima material potong juga akan semakin kecil. Berikut adalah beberapa efek yang dapat terjadi akibat variasi kecepatan pemakanan:

- a) Kecepatan terlalu rendah: Jika kecepatan pemakanan terlalu rendah, busur *plasma* akan memberikan lebih banyak panas ke material, menyebabkan pelelehan berlebihan dan kemungkinan terjadi distorsi. Semakin rendah *cutting speed* maka sudut *bevel* akan semakin kecil. Fenomena hasil potongan yang tidak sempurna ini terjadi karena transfer panas pada area *top surface* dan *bottom surface* tidak sama. Adanya lapisan lelehan logam diantara logam padat dan *plasma* menyebabkan transfer panas menurun sehingga menurunkan efektifitasnya (Wijayanti et al., 2025). Semakin rendah juga kecepatan

pemotongan maka nilai kekerasan semakin tinggi dan nilai kekasaran permukaan semakin tinggi (Anis et al., 2019).

- b) Kecepatan terlalu tinggi: Penggunaan *cutting speed* yang tinggi mampu meningkatkan produktivitas secara keseluruhan namun dapat berdampak negatif pada cut quality (Wijayanti et al., 2025). Jika kecepatan pemakanan terlalu tinggi, busur *plasma* mungkin tidak memiliki cukup waktu untuk sepenuhnya melelehkan material, yang dapat menyebabkan hasil *bevel* yang kasar dan bahkan dapat menyebabkan pemotongan yang tidak menembus material sepenuhnya.
- c) Kecepatan optimal: Pada kecepatan pemakanan yang optimal, *plasma cutting* akan menghasilkan *bevel* yang akurat dengan permukaan yang halus dan distribusi panas yang merata, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya cacat pada sambungan las.

2) Kuat Arus

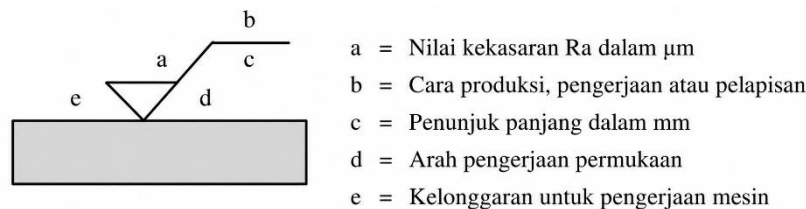
Parameter kuat arus berpengaruh terhadap kecepatan dari pelelehan material tersebut. Tinggi nilai kuat arus mempengaruhi tinggi nilai daya *plasma* yang akan menghasilkan nyala *plasma* yang semakin panas. Material potong akan lebih cepat melebur pada kuat arus tinggi. Nilai kuat arus diatur sesuai dengan ketebalan material yang akan dipotong. Semakin tebal material potong maka semakin besar pula nilai kuat arus yang digunakan.

2.1.4 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Kekasaran mempunyai peranan yang penting dalam kualitas produk dan salah satu parameter untuk mengevaluasi dari hasil pemotongan yang dilakukan (Malik et al., 2021). Kekasaran permukaan merupakan ketidakaturan konfigurasi permukaan dari suatu permukaan benda atau bidang. Hal ini disebabkan karena penurunan kuat arus akan menyebabkan panas *plasma* yang diterima daerah pelelehan atau daerah potong tidak merata” (Kornelius Siahaan et al., 2024). Kekasaran permukaan juga didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin (Carles & Yusuf, 2019). Kekasaran permukaan pemotongan dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu kecepatan pemotongan, ketinggian *torch*, dan

besar tegangan. Semakin tinggi jarak *torch* yang digunakan pada saat pemotongan maka akan semakin besar nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Semakin rendah jarak *torch* yang digunakan maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan (Nada & Sumbodo, 2019).

Kecepatan potong yang meningkat dapat menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang cenderung mengecil. Ini disebabkan oleh kecepatan pemotongan yang lebih tinggi memerlukan lebih banyak daya untuk melelehkan benda kerja yang sedang dipotong. Kecepatan pemotongan yang lebih tinggi menghasilkan butiran yang lebih kecil, sehingga mengurangi nilai kekasaran permukaan hasil pemotongan (Manalu et al., 2023). Kekasaran permukaan biasanya dilambangkan dengan simbol yang berupa segitiga sama sisi seperti Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Kekasaran permukaan

2.1.5 Pengaruh Kekasaran Permukaan terhadap Kualitas Pengelasan

Kekasaran permukaan (surface roughness) merupakan salah satu parameter penting dalam proses fabrikasi dan pengelasan karena berpengaruh terhadap kualitas sambungan las yang dihasilkan. Nilai kekasaran dinyatakan dalam *Roughness Average* (Ra). Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional. Ra didefinisikan sebagai rata-rata aritmatika dan penyimpangan mutlak profil kekasaran dari garis tengah rata-rata (Carles & Yusuf, 2019).

Dalam proses pengelasan, kekasaran permukaan memengaruhi mekanisme kontak antar material dan distribusi energi panas pada daerah sambungan. Pada proses *spot welding* maupun *diffusion welding*, permukaan yang kasar dapat meningkatkan hambatan kontak sehingga memengaruhi pembentukan panas dan struktur sambungan las. Selain itu, permukaan kasar juga dapat menimbulkan rongga dan cacat pengelasan apabila tidak terjadi fusi yang sempurna. Penelitian mengenai *diffusion welding* menunjukkan bahwa tingkat kekasaran permukaan berpengaruh langsung terhadap proses penyusutan rongga pada area sambungan

dan kualitas ikatan logam hasil pengelasan. (Ohashi & Hashimoto, 2006).

Nilai kekasaran permukaan hasil pemotongan juga menjadi faktor penting sebelum proses pengelasan dilakukan. Permukaan hasil pemotongan yang terlalu kasar dapat menyebabkan hasil *bevel* tidak rata dan mengurangi kualitas penetrasi las pada sambungan. Kondisi tersebut dapat meningkatkan kemungkinan munculnya cacat pengelasan serta menurunkan kekuatan mekanik sambungan. Kekasaran permukaan sangat mempengaruhi lebar HAZ yang terbentuk, hal ini disebabkan oleh konduktivitas termal yang tinggi pada material baja karbon rendah, (Hendrawan & Yanto, 2015). Oleh karena itu, pengendalian parameter pemotongan sangat diperlukan untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang sesuai dengan kebutuhan proses pengelasan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian Anis & Rima Rahmawati, 2019, yang berjudul “Pengaruh kecepatan pemotongan dan ketebalan bahan terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan baja AISI 1045 menggunakan *CNC Plasma Arc Cutting*”. Dalam penelitian ini, metodenya adalah eksperimental dan analisis data dilakukan dengan teknik statistik deskriptif. Bahan yang digunakan adalah baja AISI 1045, dan variasi kecepatan pemotongan mencakup 75 mm/menit, 100 mm/menit, dan 125 mm/menit. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan terendah adalah $10,3\mu\text{m}$ dan terjadi pada kecepatan pemotongan sebesar 125 mm/menit dengan bahan berketebalan 5mm. Sementara itu, nilai kekasaran permukaan tertinggi terjadi pada kecepatan pemotongan 75 mm/min, dengan material berketebalan 9 mm, mencapai $26,8\mu\text{m}$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa nilai kekasaran pemotongan akan meningkat pada kecepatan pemotongan yang lebih rendah, dan sebaliknya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Manalu et al., 2023) membahas pengaruh variasi kecepatan pemotongan dan kuat arus terhadap kekasaran permukaan hasil pemotongan aluminium 5052 menggunakan metode *CNC Plasma Arc Cutting*. Penelitian dilakukan dengan variasi kecepatan pemotongan sebesar 800 mm/menit, 1000 mm/menit, dan 1200 mm/menit serta variasi kuat arus sebesar 25 A, 35 A, dan 45 A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter pemotongan sangat mempengaruhi kualitas permukaan hasil pemotongan. Nilai kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada kecepatan pemotongan 800 mm/menit dengan kuat arus 25 A sebesar $37,83\mu\text{m}$, sedangkan nilai kekasaran permukaan terendah diperoleh pada kecepatan pemotongan 1200 mm/menit dengan kuat arus 45 A sebesar $21,60\mu\text{m}$.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, semakin tinggi kecepatan pemotongan dan kuat arus yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena peningkatan kecepatan pemotongan menghasilkan butiran hasil pemotongan yang lebih kecil sehingga permukaan hasil potong menjadi lebih halus. Selain itu, peningkatan kuat arus juga meningkatkan nilai *heat input* yang membuat proses pemotongan lebih stabil dan menghasilkan permukaan yang lebih baik. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa pengaturan parameter pemotongan yang tepat sangat berpengaruh terhadap kualitas

permukaan hasil *plasma cutting*.

Penelitian yang dilakukan oleh Kornelius Siahaan et al., 2024 menganalisis pengaruh variasi kecepatan pemotongan dan kuat arus terhadap kekasaran permukaan hasil pemotongan baja AISI 1042 menggunakan mesin CNC *Plasma Arc Cutting*. Variasi kecepatan pemotongan yang digunakan yaitu 400 mm/menit, 600 mm/menit, dan 800 mm/menit, sedangkan variasi kuat arus sebesar 25 A, 35 A, dan 45 A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada kecepatan pemotongan 400 mm/menit dengan kuat arus 25 A sebesar 19,02 μm , sedangkan nilai kekasaran permukaan terendah diperoleh pada kecepatan pemotongan 800 mm/menit dengan kuat arus 45 A sebesar 14,00 μm . Penelitian ini menyimpulkan bahwa peningkatan kecepatan pemotongan dan kuat arus dapat menghasilkan permukaan hasil pemotongan yang lebih halus, sehingga parameter pemotongan sangat berpengaruh terhadap kualitas permukaan hasil *plasma arc cutting*.

Penelitian terdahulu berisi penjelasan tentang referensi yang dipakai untuk mengerjakan proyek akhir yang akan dibuat. Penelitian oleh Faldini & Yanda Jupri Zaira, 2021 yang berjudul “Perancangan alat bantu pergerakan *torch plasma cutting* pada proses pemotongan pipa”. Perancangan alat bantu pergerakan *torch plasma cutting* dengan metode simulasi agar dapat mengetahui perbandingan kelebihan dan kekurangan alat itu sendiri.

Dalam permasalahan lain, Butar Butar Febriman & Jupri Yanda Zaira, 2020 melakukan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Mesin Potong Plat Menggunakan *Plasma Cutting*”. Dalam penelitian ini penulis membuat mesin potong plat dengan *plasma cutting* yang menghasilkan potongan horizontal dengan pergerakan pemotongan yang lebih stabil. Hasil pengujian yang didapatkan, menggunakan kecepatan 5 rpm, tekanan angin 6 bar, sudut kemiringan 90°, arus 90A, dan jarak *torch* pada plat 1 mm adalah hasil pengujian yang paling optimal.

Penelitian Wijayanti et al., 2025 yang berjudul “Analisis Eksperimental Perbandingan Cut Quality Hasil *Plasma Cutting* Menggunakan Variasi *Cutting Speed*”. Variasi *cutting speed* yang diteliti meliputi 3000 mm/min, 4000 mm/min, 5000 mm/min, dan 6000 mm/min. Pengamatan *cut quality* dilakukan secara visual dan pengukuran kedalaman hasil potongan menggunakan *vernier caliper*. Hasil

pengamatan menunjukkan bahwa pada parameter *cutting speed* 3000 mm/min menghasilkan *cut quality* terbaik. Pada variasi *cutting speed* yang rendah menghasilkan *cut quality* yang baik karena *plasma* memiliki waktu yang cukup untuk penetrasi dan memotong material dengan bersih.