



Peningkatan Kualitas *Throat Weld* pada Hasil Penetrasi Produk *Bracket Spring* dengan Metode DMAIC di Perusahaan Komponen Otomotif

Rahayu Budi Prahara^{1*}, Wahyudi², Wandī Sahrirudin³

¹²³ Politeknik Astra, Delta Silicon 2, Lippo Cikarang, Cibatu, South Cikarang, Bekasi, West Java, 17530, Indonesia.

*Corresponding author: rahayu.budiprahara@polytechnic.astra.ac.id; wahyudi@polytechnic.astra.ac.id; wandisyahrudin@gmail.com

ARTICLE INFO

Received: 27-02-2025
Revision: 25-04-2025
Accepted: 28-04-2025

Keywords:

Quality
Weld Throat
Welding

ABSTRACT

Component Automotive Indutry is a manufacturing company that focuses on making chassis frames and press parts, with the production delivered to ATPM (Single Agent Brand Holder) customers. One of the production lines at Component Automotive Indutry is the non-frame sub-assembly using welding robot A, which produces various components, such as spring bracket no. 1, spring bracket no. 2, spring bracket no. 3, and engine mounting bracket. To ensure welding quality, Component Automotive Indutry conducts various tests, including welding penetration tests, which are carried out in the company's laboratory using samples in accordance with the Quality Control Process Chart (QCPC). Over the past three months, the penetration test results on the spring no. 1 bracket showed a penetration rate of 82%, which did not meet the ATPM company's minimum standard of 100%. Faced with this problem, this study uses the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) method to conduct process analysis and improvement. In the Define stage, the main problem identified was item throat penetration that did not meet the standard. The Measure stage then set a target of 100% penetration improvement. In the Analyze stage, the main causes of penetration instability were analyzed, identifying the vertical welding position as the main causal factor. The Improve stage was carried out by changing the welding position of the throat item from vertical to horizontal using a temporary jig. This change aimed to maintain gravity stability and achieve consistent penetration in accordance with the minimum standard of 4.2 mm. After conducting 9 trials, the improvement results showed that the welding penetration achieved 100% stability. The Control phase ensured that the implemented changes were continuously maintained to ensure consistent quality. This study concludes that changing the welding position from vertical to horizontal is significant in improving the quality and consistency of weld penetration on bracket spring no. 1 products at Component Automotive Indutry. The findings underscore the importance of evaluating and adjusting the welding process to meet the quality standards set by customers.

1. PENDAHULUAN

Industri perusahaan manufaktur adalah jenis perusahaan yang menghasilkan produk akhir dari bahan baku dengan menggunakan peralatan, mesin, dan teknologi dalam skala besar. Dalam hal ini, pengelasan menjadi bagian integral dari proses Produksi. Pengelasan adalah metode penyatuan logam, di mana dua logam atau lebih dipadukan dengan cara mencairkan logam utama dan logam pengisi, dengan atau tanpa penambahan logam tambahan [1].

PT XYZ adalah perusahaan yang berfokus pada pembuatan *frame chassis* dan komponen *press part*, di mana proses pengelasan memiliki peran serius dalam proses pembuatan serta perakitan komponen tersebut menjadi produk akhir yang siap digunakan. Di PT XYZ jenis pengelasan yang diterapkan adalah menggunakan *robot welding* dengan metode *Gas Metal Arc Welding*, yakni proses penyambungan dua atau lebih material logam melalui pencairan dengan

elektroda gulungan yang memiliki komposisi serupa dengan logam dasar, serta menggunakan gas pelindung[2]. PT XYZ memiliki beberapa *line sub assy* salah satunya adalah *sub assy non frame welding robot a*. *Sub Assy Part* yang berada pada *line* ini adalah *Bracket Spring No. 1*, *Bracket Spring No. 2*, *Bracket Spring No. 3*, dan *Bracket Engine Mounting*. Terdapat beberapa pengujian di PT XYZ salah satunya adalah uji penetrasi. Setelah dilakukan *sub assy* pada *line welding robot a*, *part* tersebut dilakukan uji penetrasi welding sesuai *requirement* dari perusahaan ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merk). PT XYZ melakukan pengujian penetrasi *welding* dengan menggunakan mikroskop dengan pembesaran hingga 16 kali karena hanya berfokus untuk mencari kedalaman penetrasi yang terjadi pada hasil pengelasan.

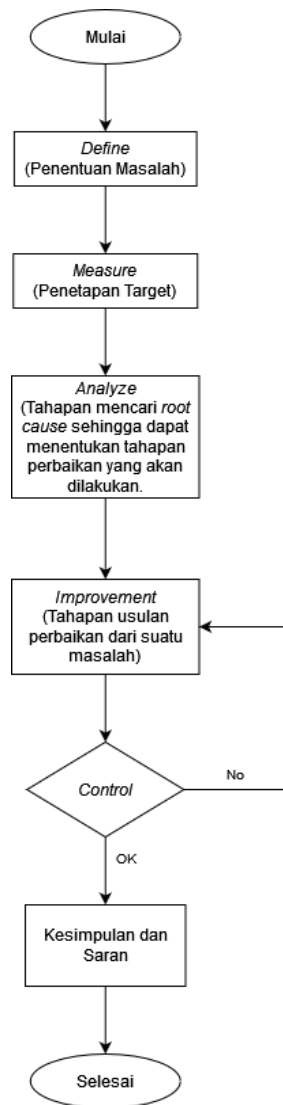
Berdasarkan data hasil penelitian terdahulu terkait perancangan ulang atau mengubah posisi jig dapat meningkatkan produktivitas [3] dan juga dalam proses pengelasan itu semakin besar kuat arus yang di gunakan maka akan di peroleh kedalaman penetrasi *welding*[4], terjadi ketidakstabilan pada hasil penetrasi *welding* pada *Bracket Spring No. 1*, faktor ini adalah salah satu tujuan dalam penelitian ini, pada persentase penetrasi *welding* dibandingkan *part* lainnya yang di *sub assy* pada *station welding robot a*. Rata-rata hasil penetrasi *welding Bracket Spring No. 1* selama 3 bulan dari periode Januari 2024 sampai dengan Maret 2024 memiliki persentase 82%. Hal ini menunjukkan bahwa *part* tersebut belum dari standar perusahaan ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merk) yang sudah ditetapkan yaitu sebesar 100%. Oleh karena itu, penulis berfokus pada analisis untuk mengidentifikasi masalah terkait ketidakstabilan penetrasi yang belum memenuhi standar serta berupaya untuk meningkatkan hasil penetrasi pada *Bracket Spring No. 1* sesuai dengan tujuan dalam penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), yang merupakan pendekatan sistematis untuk pemecahan masalah dan peningkatan proses[5]. Pada tahap *Define*, masalah utama diidentifikasi, yaitu penetrasi pengelasan pada *Bracket Spring No. 1* yang tidak memenuhi standar. Tahap *Measure* berfokus pada penetapan target perbaikan, dengan menetapkan standar penetrasi pengelasan yang diinginkan sebesar 100% dengan berdasar kepada standar perusahaan ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merk). Pada tahap *Analyze*, penyebab utama ketidakstabilan penetrasi dianalisis. Tahap *Improve* melibatkan perubahan posisi pengelasan untuk meningkatkan penetrasi. Akhirnya, tahap *Control* merupakan tahap evaluasi hasil dari perbaikan yang telah dilakukan serta memastikan bahwa perbaikan yang dilakukan dipertahankan dan proses pengelasan tetap stabil dan sesuai standar.

Berikut adalah penjabaran metode DMAIC yang diterapkan pada penelitian ini.

1. *Define*
Penulis melakukan pengumpulan data, material yang digunakan, serta standar dari penetrasi *welding*. Fase ini meliputi identifikasi dan menentukan tujuan yaitu untuk mencari akar penyebab masalah dari penetrasi produk *bracket spring no. 1*.
2. *Measurable*
Pada tahap ini bertujuan untuk merumuskan target penelitian dari data aktual data yang sudah diukur dengan standar perusahaan.
3. *Analyze*
Tahapan ini bertujuan untuk menganalisa faktor-faktor yang menyebabkan penetrasi *welding bracket spring no. 1* belum mencapai standar penetrasi. Pada tahap ini, beberapa faktor dibuat dengan menggunakan *why-why analysis* serta diagram *fishbone*.
4. *Improve*
Pada tahap ini, *improve* dilakukan langkah perbaikan dari akar permasalahan yang telah diketahui dari analisis dan di aplikasikan terhadap faktor yang menyebabkan *throat Not Good* produk *Bracket Spring No. 1*. Adapun pada tahapan ini penulis untuk mengajukan rencana perbaikan.
5. *Control*
Fase *control* ini dilakukan pengusulan untuk menjaga perbaikan agar dapat terus berlangsung dan mengevaluasi hasil dari perbaikan dalam kurun waktu tertentu serta dapat mengetahui hasil dari perbaikan.



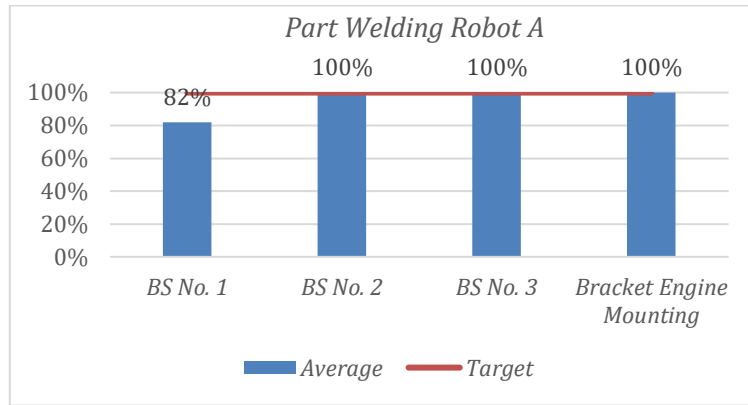
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode dmaic adalah metode yang melakukan suatu pendekatan untuk menghilangkan kecacatan (*defect*) dan meningkatkan kualitas suatu produk melalui tahapan *define*, *measure*, *analyze*, *improve*, dan *control* [5] proses *close-loop* dmaic mengeliminasi langkah-langkah proses yang tidak produktif, dengan berfokus pada pengukuran baru dan memanfaatkan teknologi untuk peningkatan kualitas menuju target *six sigma*[6].

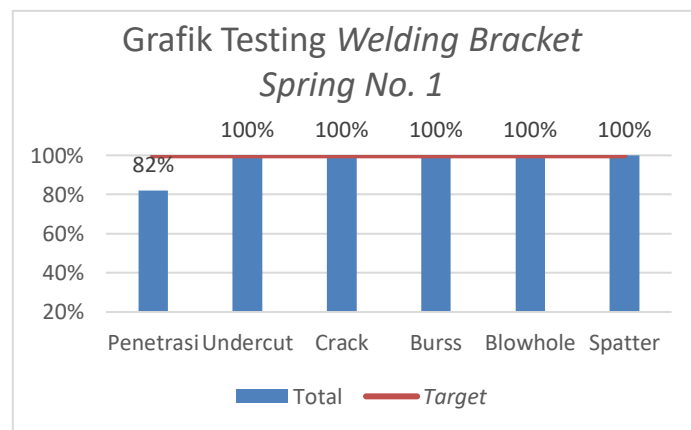
3.1. Define

Section Prototyping, Testing & Evaluation merupakan bagian yang memiliki tugas untuk memeriksa penetrasi *welding* dari semua *sub assy part*. Penulis melakukan pengambilan data dari produk yang di *sub assy* pada *Station Welding Robot A*. Berikut data pengecekan *welding* pada produk yang di *sub assy* pada *Station Welding Robot A*.



Gambar 2. Part Welding Robot A

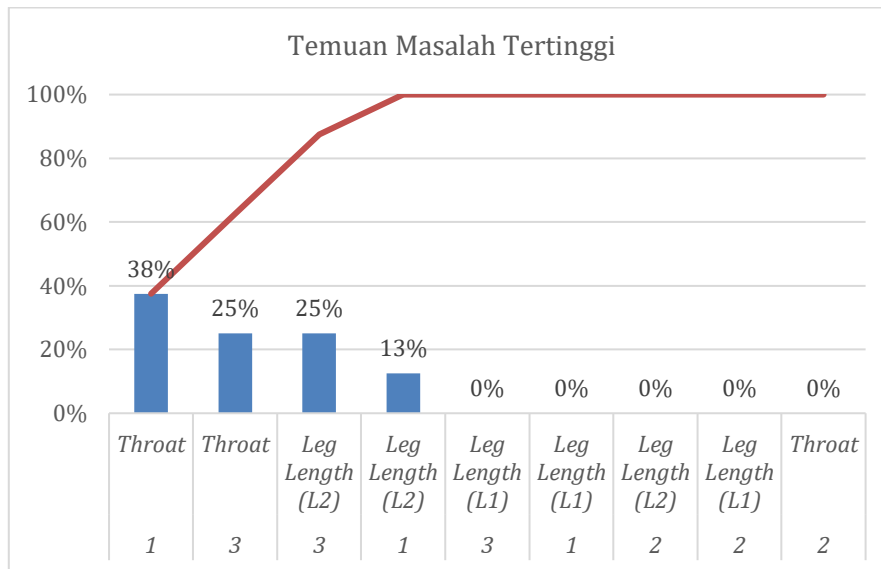
Pada gambar 2. menunjukkan bahwa dari periode Januari 2024 sampai dengan Maret 2024 dapat diketahui bahwa *Bracket Spring No. 1* dengan presentase pengecekan welding 82%, *Bracket Spring No. 2* mencapai 100%, *Bracket Spring No. 3* mencapai 100%, dan *Bracket Engine Mounting* mencapai 100%.



Gambar 3. Grafik Testing Welding Bracket Spring No. 1

Berdasarkan data diatas, dari *bracket spring no. 1* dilakukan pemecahan berdasarkan jenis pengecekan *welding* sehingga diketahui *item* apa saja yang dilakukan untuk mengetahui jenis pengecekan mana yang menjadi masalah pada *bracket spring no. 1*.

Berdasarkan gambar 3. dapat diketahui bahwa dari jenis *defect* seperti : *undercut*, *crack*, *burss*, *blowhole*, *spatter* mencapai 100% yang menunjukkan bahwa produk *bracket spring no. 1* lolos dari semua jenis *defect* tersebut. Akan tetapi, pada penetrasi berada pada 82%, hal ini menunjukkan bahwa produk *bracket spring no. 1* pada periode Januari 2024 sampai dengan Maret 2024 belum mencapai standar penetrasi *welding* yaitu 100%. Kemudian dilakukan analisa lebih lanjut pada penetrasi *welding* terdapat beberapa item pengecekan yang meliputi *leg length* dan *throat*. Berikut *item* pengecekan yang dilakukan pada *bracket spring no. 1* yang dapat diketahui pada gambar berikut:

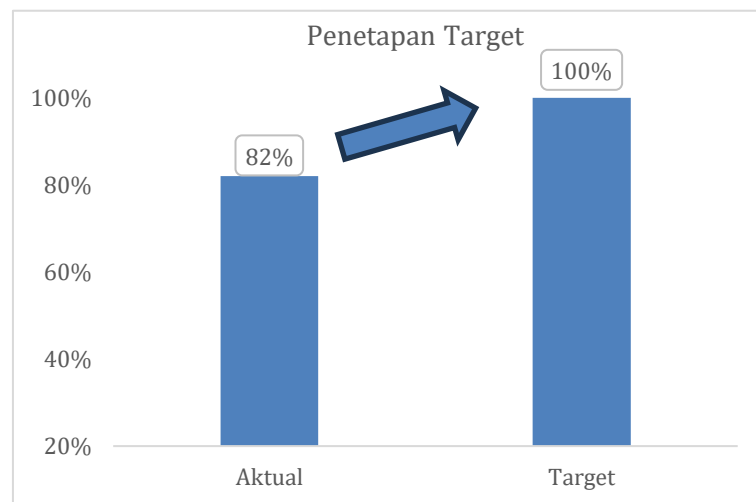


Gambar 4. Pareto Masalah Penetrasi

Berdasarkan gambar 4 *item throat* pada no. 1 menjadi temuan masalah tertinggi pada penetrasi *welding* dari periode Januari 2024 sampai dengan Maret 2024 dengan *NG ratio* sebesar 38%.

3.2. Measure

Setelah dilakukan analisis berdasarkan data yang ada, berikutnya akan menetapkan target dengan tujuan hasil yang didapatkan dapat diukur. Sehingga memudahkan perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan *improvement*. Berikut target yang akan dijelaskan pada gambar berikut



Gambar 5. Penetapan Target

Berdasarkan metode SMART dalam menentukan target, dapat dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 1. Metode SMART

<i>Specific</i>	Meningkatkan kualitas penetrasi <i>welding</i> pada <i>Bracket Spring No. 1</i>
<i>Measurable</i>	Target penetrasi <i>welding</i> pada <i>Bracket Spring No. 1</i> menjadi stabil 100%
<i>Achievable</i>	Melakukan proses perbaikan pada proses pengelasan robot <i>welding</i> GMAW
<i>Reasonable</i>	Dapat dilaksanakan karena ketersediaan SDM dan waktu yang mencukupi
<i>Time-Bound</i>	Penelitian dilakukan pada Januari 2024 sampai dengan Juni 2024

3.3. Analyze

Pada tahap *analyze*, penulis menggunakan analisa kondisi yang ada untuk menguraikan sebab-akibat dari masalah yang ada. Berikut analisa kondisi yang ada yang telah dibuat dengan berdasarkan hasil observasi di lapangan.

Tabel 2. Analisa Kondisi Yang Ada

Faktor	Penyebab	Standar	Aktual	Verifikasi	Judgement
Metode	Posisi pengelasan kurang optimal	Posisi pengelasan sesuai dengan jenis sambungan	NG pada item no. 1 karena posisi pengelasan <i>vertical uphill</i>		Berpotensi
Material	Terjadi <i>gap</i> antar material	Material harus bersih dari kotoran, karat, dan siap dilas	Permukaan mungkin tidak bersih atau tidak rata	Verifikasi sesuai hasil <i>checksheet</i>	Tidak berpotensi
Mesin	Kurangnya pengawasan pada pemeliharaan mesin	Pemeliharaan rutin sesuai jadwal	Pemeliharaan dilakukan tidak sesuai jadwal atau terlewat	Periksa jadwal pemeliharaan	Tidak berpotensi
Manusia	<i>Man power</i> tidak rutin menjalankan SOP	<i>Man power</i> terlatih dan kompeten dalam menjalankan SOP	<i>Man power</i> menjalankan SOP yang berlaku	Observasi lapangan	Tidak berpotensi

Berdasarkan tabel 2 terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil penetrasi *welding* pada *bracket spring no. 1* belum mencapai standar. Adapun faktornya seperti yang tercantum di bawah ini:

1. Faktor Metode

Pada faktor ini, pengelasan yang dipakai memiliki dampak signifikan terhadap hasil penetrasi las. Saat menggunakan posisi pengelasan vertikal ke atas (*vertical uphill*), logam cair cenderung tidak dapat tetap berada di tempatnya dengan stabil. Hal ini disebabkan oleh pengaruh gravitasi, yang menarik logam cair ke bawah sebelum sempat menyatu dengan sempurna pada material yang dilas. Akibatnya, penetrasi lasan bisa menjadi kurang dalam atau tidak merata, yang berpotensi mengurangi kekuatan sambungan yang dihasilkan.

2. Faktor Material

Faktor material disebabkan oleh terjadinya *gap* antar *single part* yang kemungkinan besar timbul akibat kontaminasi material oleh partikel-partikel kecil seperti debu, atau oleh residu cair seperti oli yang tertinggal pada permukaan material. Adanya kotoran semacam ini dapat menghalangi kontak yang sempurna antara bagian-bagian tersebut, sehingga mengurangi efisiensi proses penyambungan dan dapat berdampak negatif pada kualitas keseluruhan dari sambungan yang dihasilkan.

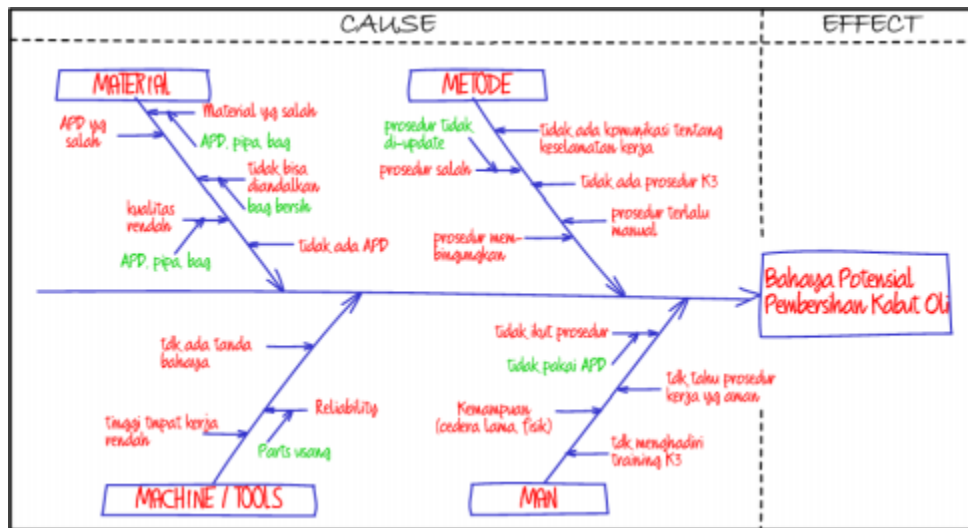
3. Faktor Manusia

Terjadinya kesalahan pada faktor manusia dapat disebabkan oleh *man power* yang tidak sepenuhnya mengikuti standar yang berlaku saat menggunakan *jig*. Hal tersebut mungkin terjadi karena kurangnya pemahaman atau pengetahuan yang memadai tentang SOP tersebut.

4. Faktor Mesin

Faktor ini dapat menyebabkan mesin mengalami masalah operasional yang serius, karena perawatan rutin yang seharusnya dilakukan tidak dijalankan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Akibatnya, komponen mesin menjadi lebih rentan terhadap kerusakan dan keausan, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan penurunan kinerja mesin dan peningkatan biaya perbaikan.

Setelah itu dapat diketahui faktor yang berpotensi dalam masalah yang diambil adalah dari faktor metode yaitu posisi pengelasan yang kurang optimal dan berikutnya diketahui pada diagram *fishbone* berikut[7]:



Gambar 6. Diagram Fishbone

3.4. Improve

Improve merupakan tahap keempat dalam metode DMAIC. Pada tahap inilah perbaikan dilakukan untuk memperbaiki masalah terhadap dugaan yang telah ditetapkan pada tahap *analyze*. Dengan berdasar kepada *fishbone*, maka yang menjadi akar masalah dari permasalahan yang diangkat adalah dari 2 (dua) faktor metode. Selanjutnya penulis membuat rencana perbaikan yang ditampilkan dalam bentuk table 5W+1H[8].

3.4.1. Rencana Perbaikan

Setelah dilakukan analisis menggunakan diagram fishbone untuk mengidentifikasi dugaan masalah yang terjadi, ditemukan akar penyebab dari throat NG (Not Good). Langkah selanjutnya adalah membuat rencana perbaikan dengan menggunakan analisis 5W+1H untuk membantu tim menemukan solusi pemecahan masalah.

Tabel 3. 5W+ 1H

Factor	What	Why	Where	When	Who	How
Metode	Diusulkan perubahan jig menggunakan jig temporary	Posisi pengelasan kurang optimal	Station Welding Robot A	Januari - Juni	Wandi dan Tim	Pergantian jig dengan menggunakan jig temporary

1. Pergantian Jig

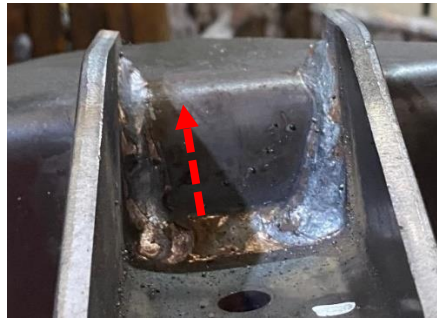
a) Before Improvement

Proses pergantian jig dilakukan pada *station welding robot a* dengan *support* dari *man power*. Pada jig sebelumnya, produk ditempatkan secara rebah dengan posisi pengelasan untuk item no. 1 adalah *vertical uphill*, untuk item no. 2 adalah horizontal, dan untuk item no. 3 adalah horizontal. Berdasarkan hasil analisis yang sudah dilaksanakan, NG terjadi pada *throat* yang berada pada item no. 1 dengan posisi pengelasan *vertical uphill*.



Gambar 7. Visualisasi Produk Posisi Rebah

Gambar 7. menunjukkan bahwa produk diletakkan secara rebah dan menghasilkan posisi pengelasan untuk item no. 1 yaitu *throat* dengan pengelasan vertikal dengan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Alur Pengelasan Item No. 1

Pada proses pengelasan dengan posisi vertikal, material diletakkan secara tidur dan pengelasan dilakukan dari bawah ke atas untuk *item* no. 1. Posisi ini sering kali menantang karena pengaruh gravitasi yang dapat menyebabkan aliran lelehan logam mengalir ke bawah, masuk ke dalam *gap* material sehingga mengakibatkan ketebalan *throat* yang tidak konsisten.

b) *After Improvement*

Kemudian dilakukan percobaan dengan menggunakan *jig temporary* yang dapat diketahui pada gambar berikut:



Gambar 9. Visualisasi Produk Posisi Berdiri

Pada gambar 9. menunjukan *part* diletakkan pada *jig temporary* sehingga posisi *part* menjadi berdiri. Setelah dilakukan pergantian posisi pengelasan dengan menggunakan *jig temporary* ke posisi horizontal untuk *item* pengecekan nomor 1, hasil pengelasan menunjukkan peningkatan signifikan dalam konsistensi dan kualitas penetrasi.



(a) tampak jauh



(b) tampak dekat

Gambar 10. Penggunaan *Jig Temporary*



Gambar 11. Alur Pengelasan dengan *Jig Temporary*

Penggunaan *jig temporary* memastikan material tetap stabil dan sejajar selama proses pengelasan, sehingga mengurangi risiko terjadinya *gap* yang tidak diinginkan. Dengan posisi horizontal, pengelasan robot GMAW mampu menjaga aliran gas pelindung lebih efektif, meminimalkan pengaruh gravitasi yang biasanya menyebabkan lelehan logam masuk ke dalam *gap* material pada posisi vertikal. Peningkatan ini membuktikan bahwa pergantian posisi pengelasan merupakan solusi efektif untuk mencapai ketebalan *throat* yang sesuai dengan standar minimum 4.2 mm yang ditetapkan oleh perusahaan ATPM.

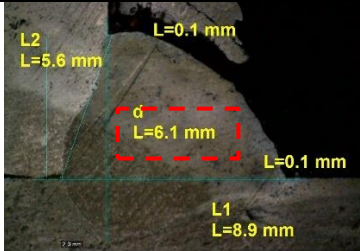
3.5. Control

Berikut adalah hasil *trial* pada *Bracket Spring No. 1* untuk hasil penetrasi welding untuk *item no. 1*.

1. April 2024

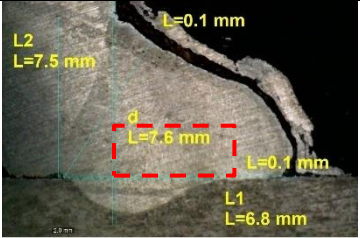
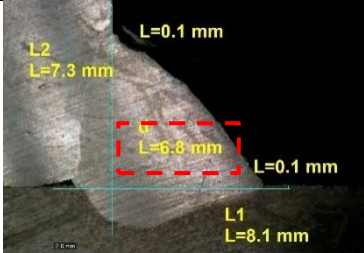
Tabel 4. Hasil *Trial* Bulan April 2024

<i>Trial</i>	Parameter		Verifikasi	Hasil
	Tegangan (V)	Arus (A)		
1	26	237		NG
2	26	248		OK

3	24	250		OK
---	----	-----	--	----

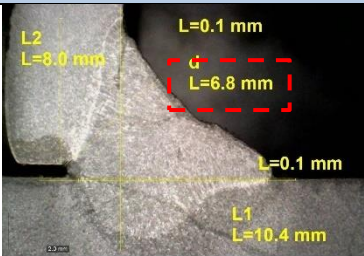
2. Mei 2024

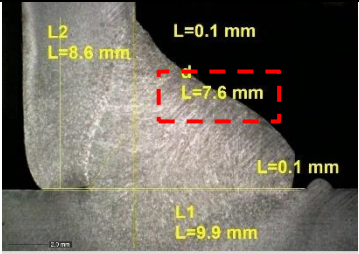
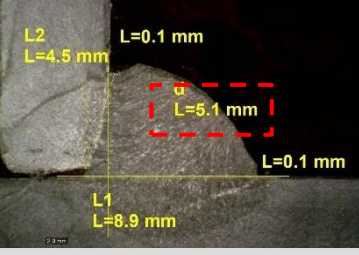
Tabel 5. Data *Trial* Bulan Mei 2024

<i>Trial</i>	Parameter		Verifikasi	Hasil
	Tegangan (V)	Arus (A)		
1	26	237		OK
2	26	248		OK
3	24	250		OK

3. Juni 2024

Tabel 6. Data *Trial* Bulan Juni 2024

<i>Trial</i>	Parameter		Verifikasi	Hasil
	Tegangan (V)	Arus (A)		
1	26	237		OK

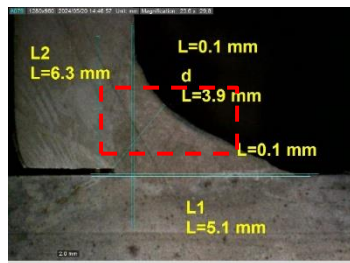
2	26	248		OK
3	24	250		OK

Berdasarkan hasil *trial* yang sudah dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi parameter didapatkan hasil sebagai berikut:

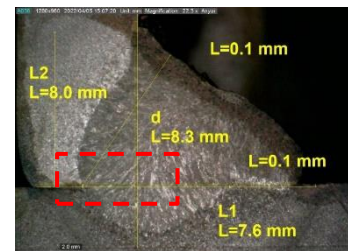
Tabel 7. Hasil *Trial*

Trial	Passrate	Judgement
1	100%	OK
2	100%	OK
3	100%	OK
4	100%	OK
5	100%	OK
6	100%	OK
7	100%	OK
8	100%	OK
9	100%	OK

Maka dari itu dengan perubahan *jig temporary* menghasilkan pada posisi pengelasan horizontal dan dapat diketahui bahwa telah dilaksanakan *trial* sebanyak 9 kali untuk menunjukkan konsistensi dari *throat* pada hasil penetrasi dan hasilnya konsisten.



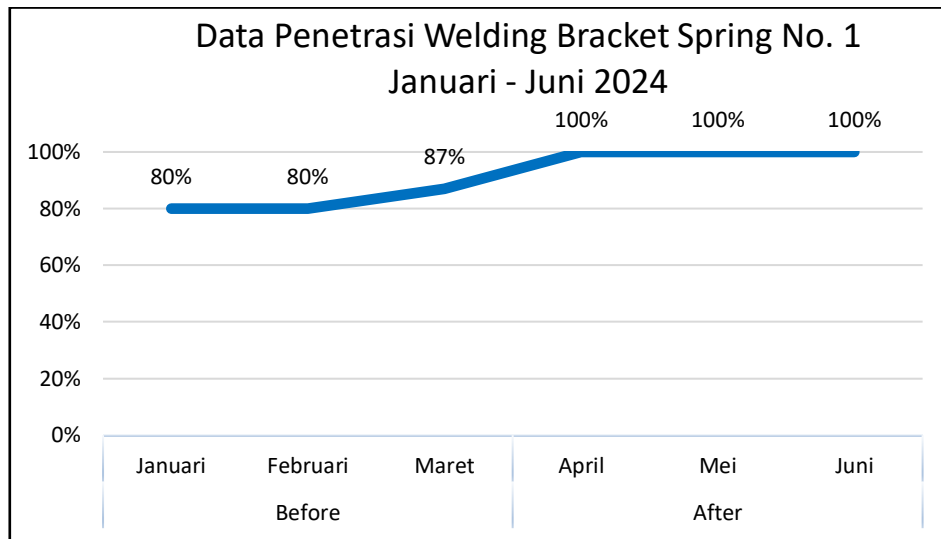
(a) Sebelum



(b) Sesudah

Gambar 12. Perbandingan Sebelum *Trial* dan Sesudah *Trial*

Berikut merupakan grafik dari perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan pada hasil penetrasi *bracket spring no. 1*



Gambar 13. Grafik Penetrasi Sebelum dan Sesudah *Improvement*

Hasil analisa *throat welding* pada *penetrasi Bracket Spring No. 1* menunjukkan bahwa ketebalan throat belum mencapai angka minimum 4.2 mm sesuai standar perusahaan dan dilakukan dengan robot *welding GMAW* pada posisi pengelasan *vertikal* untuk item *throat* no. 1. Penerapan metode DMAIC mengidentifikasi bahwa posisi pengelasan vertikal menyebabkan aliran gas melawan gravitasi sehingga lelehan pengelasan cenderung masuk ke dalam gap material dan menghasilkan ketebalan throat yang tidak memadai.

Perbaikan dilakukan dengan mengubah posisi pengelasan dari vertikal ke horizontal. Perubahan ini mengoptimalkan penetrasi pengelasan dan meningkatkan ketebalan throat, sehingga memenuhi standar minimum yang ditetapkan sesuai standar ATPM.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dengan metode DMAIC dapat diketahui beberapa faktor penyebab yang mempengaruhi ketidakstabilan hasil penetrasi yang tidak mencapai standar 100% adalah *throat NG (Not Good)* yang disebabkan oleh posisi pengelasan vertikal yang mengakibatkan aliran gas melawan gravitasi sehingga menghasilkan *throat* yang kurang konsisten dalam mencapai standar. Penulis melakukan analisis masalah pada *item throat* yang *NG (Not Good)* atau di bawah standar minimal dengan menggunakan metode DMAIC. Pada tahap *define*, masalah utama yang diidentifikasi adalah *item throat* yang masih *NG*. Pada tahap *measure*, target perbaikan ditetapkan menjadi 100%. Tahap *analyze* merumuskan penyebab masalah yang muncul. Tahap *improve* melibatkan perubahan posisi pengelasan *item throat* dari vertikal ke horizontal dengan menggunakan *jig* sementara untuk menjaga stabilitas gravitasi dan mendapatkan *throat* yang stabil sesuai standar minimum 4.2 mm. Perubahan posisi pengelasan dari vertikal ke horizontal dengan menggunakan *jig temporary* dilakukan sebagai langkah perbaikan. Dengan posisi horizontal menghasilkan penetrasi yang lebih optimal dan menghasilkan ketebalan *throat* yang lebih konsisten. Dari hasil *trial* yang dilakukan sebanyak 10 kali menghasilkan penetrasi 100% OK sehingga sesuai dari standar perusahaan. Parameter yang disarankan adalah dengan menggunakan Arus 24 V dan Tegangan 250 A

REFERENCES

- [1] I. Hamdi, T. -, and H. Oktadinata, "Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Baja Ss400 Menggunakan Metode Gmaw," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.33558/jitm.v8i1.1998.
- [2] T. J. Timotius, "Analisis Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Butt Joint Pada Baja S355J2 Dan S355JR Menggunakan Metode Las GMAW." Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2022.
- [3] Z. Sinaga, A. Muhazir, and M. I. Fuadi, "Optimalisasi Desain Dan Posisi Jig Welding Guna Mengurangi Spatter Pada Produksi Half Outer Comp Menggunakan Metode Dmaic," *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 94–103, 2019, doi: 10.52447/jktm.v4i2.1776.
- [4] A. S. Fikri and P. Heating, "page 135-146," vol. 6, no. 2, pp. 135–146, 2024, doi: 10.20527/jtamrotary.v7i.
- [5] T. Septiawan, R. Permadi, and Y. Prastyo, "MENGANALISIS PENYEBAB PRODUK NG (NOT GOOD) PADA PT. XYZ DENGAN METODE DMAIC," *J. Compr. Sci.*, vol. 3, no. 1, 2024.
- [6] D. G. Tambunan, B. Sumartono, and H. MOEKTIWIBOWO, "Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Metode Six Sigma Dalam Upaya Mengurangi Kecacatan Pada Proses Produksi Koper Di PT SRG," *J. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 1, 2020.
- [7] S. A. Abdul-Wahab, Y. Charabi, S. Osman, K. Yetilmezsoy, and I. I. Osman, "Prediction of optimum sampling rates of

- air quality monitoring stations using hierarchical fuzzy logic control system," *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 10, no. 6, pp. 1931–1943, 2019, doi: 10.1016/j.apr.2019.08.006.
- [8] K. Kurniawan, "Pengendalian Kualitas Pengelasan Pada Konstruksi Mechanical Piping Dengan Metode Seven Tools," *J. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, pp. 498–505, 2023.