

Kesan Penggunaan Gas Pelindung Berbeza Komposisi dalam Kimpalan Arka Logam terhadap Kekerasan Keluli Tahan Karat

Liyana Norizan^{1*}, Saifuldin Abdul Jalil¹

¹Jabatan Kejuruteraan Mekanikal,
Politeknik Kuching, Kuching, 93050, MALAYSIA

*Corresponding Author Designation

DOI: <https://doi.org/10.30880/ritvet.2023.03.01.009>

Received 11 November 2022; Accepted 20 June 2022; Available online 30 June 2023

Abstract: All traditional welding procedures need the use of shielding gases. Shielding gas's main purpose is to protect the weld pool from the environment and to act as a conduit for the transfer of electricity from an electrode to the workpiece. The thickness of a weld neck and the altered grain structure of the welded zone area both affect how strong a connection is when it is being welded (between the heat-affected zone and weld metal). This study uses stainless steel grades 304 and 316 as its test materials and as variables, carbon dioxide and a combination of 82% carbon dioxide and 18% argon are both used. Several process variables are held constant to observe the differences similar for various types of gas. These variables include the welding speed, the size of the workpieces, and the welding angle. Samples from the workpiece were collected and subjected to a Rockwell hardness test. These testing provide information on the mechanical properties of both types of stainless steel after being welded using the two different types of shielding gas aforementioned. The findings indicate that stainless steel 316 is harder than stainless steel 304. It is also discovered, the usage of a shielding gas mixture develops harder steels compared to single-type shielding gas. This study also shows that the difference between using carbon dioxide and the mixture of carbon dioxide with argon as shielding gas is minor, therefore, carbon dioxide is a better option for shielding gas as it costs less.

Keywords: Metal Arc Welding, Shielding Gas Carbon Dioxide, Shielding Gas Carbon Dioxide Plus Argon, Stainless Steel, Rockwell Hardness Test

Abstrak: Proses kimpalan memerlukan penggunaan gas pelindung. Gas pelindung bertindak melitupi lopak leburan logam dari persekitaran. Kekuatan sambungan kimpalan bergantung kepada ketebalan leher kimpalan dan juga perubahan dalam struktur bijian kawasan zon dikimpal (antara zon terkesan haba dan logam kimpalan). Kajian ini bertujuan untuk menentukan kesan gas pelindung berbeza komposisi yang digunakan dalam kimpalan arka logam gas. Karbon dioksida dan, campuran 82%

*Corresponding author: liyana_nirizan@poliku.edu.my

2023 UTHM Publisher. All rights reserved.

publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/ritvet

karbon dioksida dan 18% argon digunakan sebagai pembolehubah keatas bahan kajian keluli tahan karat gred 304 dan gred 316. Bagi mendapatkan nilai yang setara, parameter tertentu semasa proses tersebut dikekalkan malar. Parameter ini termasuk kelajuan kimpalan, dimensi dan sudut bahan kerja yang digunakan dalam kimpalan. Ujian kekerasan Rockwell telah dijalankan bagi melihat kesan penggunaan kedua-dua jenis gas pelindung terhadap sifat mekanikal keluli tahan karat gred 304 dan gred 316. Hasil ujian keatas sampel kimpalan menunjukkan bahawa keluli tahan karat 316 mempunyai kekerasan yang lebih tinggi berbanding dengan keluli tahan karat 304. Kajian juga menunjukkan penggunaan gas pelindung karbon dioksida dan campuran gas karbon dioksida bersama argon menghasilkan kumai yang tidak jauh berbeza kekerasannya, maka penggunaan gas pelindung karbon dioksida boleh dipilih kerana melibatkan kos yang lebih rendah.

Kata kunci: Kimpalan Arka Logam, Gas Pelindung Karbon Dioksida, Gas Pelindung Karbon Dioksida Dicampur Argon, Keluli Tahan Karat, Ujian Kekerasan Rockwell

1. Pengenalan

Di dalam sesuatu proses kimpalan, matlamat utamanya adalah untuk menghasilkan satu sambungan kimpal yang mempunyai sifat-sifat mekanik yang sama dengan logam induknya (John, 2003). Matlamat sedemikian hanya akan tercapai sekiranya dalam sebarang proses kimpalan lebur logam yang terhasil betul-betul terlindung dari udara atmosfera. Jika tidak, gas oksigen dan nitrogen yang terkandung dalam atmosfera akan diserap oleh lopak leburan logam dan menyebabkan kimpalan yang dihasilkan mengandungi liang-liang kecil serta menjadi lemah (John, 2003).

Untuk melindungi leburan logam kimpal serta hujung rod pengisi dan elektrod dari pencemaran udara atmosfera sebelum leburan itu beku, gas lengai disemburkan keluar dari muncung kimpal. Gas tersebut akan menyelubungi lopak kimpal, hujung rod pengisi dan juga hujung elektrod bagi menghindarkan berlakunya pengoksidaan. Dalam proses kimpalan arka logam gas lengai, elektrod akan lebur dan bercampur dengan leburan logam induk membentuk lopak kimpal. Gas pelindung yang lazimnya digunakan dalam kimpalan ini ialah argon, karbon dioksida dan campuran gas argon dengan gas lain. Gas argon tidak digunakan dalam bentuknya yang tulen, melainkan untuk mengimpal logam-logam seperti aluminium, tembaga, magnesium dan nikel. Gas oksigen dan karbon dioksida biasanya ditambah didalam argon dengan tujuan untuk menstabilkan arka dan mengurangkan recikan arka. Penusukan juga bertambah baik dan boleh mengurangkan atau menghilangkan makan bawah (Jeffus, 2004). Jika gas argon digunakan untuk mengimpal keluli lembut, kontur kumai kimpal menjadi buruk dan kimpalan makan bawah. Ini juga akan menyebabkan mikrostruktur bahan dan kekuatan bahan berubah. Apabila gas karbon dioksida digunakan, arka kimpal menjadi lebih kuat dan menggalakkan recikan kimpal Gas pelindung dibekalkan melalui muncung kimpal, seperti yang dilakukan secara automatik atau separuh automatik.

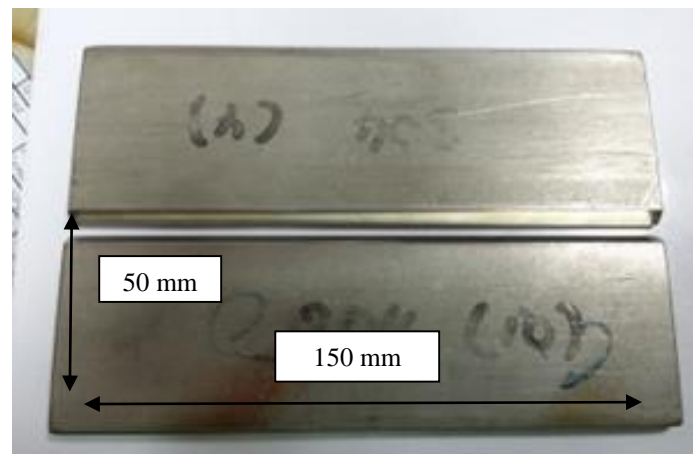
Kajian ini dilaksanakan bagi menentukan kesan gas pelindung karbon dioksida dan campuran karbon dioksida dan argon dalam kimpalan arka logam gas terhadap kekerasan keluli tahan karat jenis austenit gred 304 dan gred 316. Di dalam sesuatu proses kimpalan, matlamat utamanya adalah untuk menghasilkan satu sambungan kimpal yang mempunyai sifat-sifat mekanik yang sama dengan logam induk. Menurut Abdul Rahman (2001), matlamat sedemikian hanya akan tercapai sekiranya dalam sebarang proses kimpalan leburan logam yang terhasil betul-betul terlindung dari udara atmosfera. Untuk melindungi leburan logam kimpal serta hujung rod pengisi dan elektrod dari pencemaran udara atmosfera sebelum leburan itu beku, gas lengai disemburkan keluar dari muncung kimpal. Gas tersebut akan menyelubungi lopak kimpal, hujung rod pengisi dan juga hujung elektrod bagi menghindarkan berlakunya pengoksidaan. *MIG* adalah singkatan untuk *metal inert gas* atau istilah yang lebih tepat

menurut *American Welding Society* (1981) adalah *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Ada dua jenis umum kimpalan arka berperisai gas, iaitu kimpalan arka tungsten gas (GTAW) dan kimpalan arka logam gas (GMAW). Proses GMAW dipilih kerana ia merupakan proses kimpalan terbesar digunakan dalam industri.

Mohamad Nuruddin (2010) mendapati bahawa rujukan untuk kajian yang telah dibuat bagi melihat sifat mekanikal dan mikrostruktur pada zon terkesan haba keluli tahan karat setelah melalui proses kimpalan adalah agak terhad. Selain itu, Sathiya, *et. al.* (2012) juga menyatakan didalam kajiannya bahawa tidak banyak sumber rujukan tentang kimpalan logam ke atas keluli tahan karat dengan penggunaan gas argon dan karbon dioksida sebagai gas pelindung. Masanori (2003) juga dalam kajiannya menyentuh tentang kekurangan rujukan kajian mengenai penggunaan gas karbon dioksida, argon dan campuran karbon dioksida + argon sebagai gas pelindung didalam kimpalan arka logam gas, walaupun penggunaannya adalah sangat meluas. Kajian kesan penggunaan gas pelindung ketika kimpalan keluli tahan karat turut di jalankan oleh AR Pavan *et. al.* (2021), akan tetapi kajian mereka fokus terhadap kesan penggunaan gas argon dan helium pada ratio yang berbeza-beza. Kajian I. Bitharas *et. al.* (2018) pula fokus kepada tetapan parameter gas pelindung pada mesin kimpalan bagi memastikan perlindungan yang optimum keatas kumai yang dihasilkan. Oleh itu, kajian ini adalah perlu bagi membandingkan kesan-kesan penggunaan karbon dioksida serta campurannya apabila mengimpal keluli tahan karat kerana masih kurang rujukan disebabkan terdapat pembolehubah yang banyak dalam proses kimpalan.

2. Metodologi

Bahan kimpalan yang digunakan adalah jenis keluli tahan karat austenit gred 304 dan gred 316, berukuran panjang 150 mm x lebar 50 mm dan berketebalan 6 mm. Rajah 2.1 menunjukkan spesimen yang telah siap dipotong dan dibuat persiapan tepi. Keluli tahan karat austenit ini dipilih adalah kerana sifat pengembangan habanya 50% lebih tinggi, sifat rintangan elektrik 6 kali lebih baik dan takat lebur yang rendah iaitu 93°C dan juga sifat kebendaliran haba yang rendah iaitu 50% (Mohd Dzuhairy, 2006).



Rajah 1: Keluli tahan karat yang telah dibuat persiapan tepi

Penyambungan antara besi keluli tahan karat yang sejenis dilakukan dengan menggunakan kaedah kimpalan arka logam gas (MIG). Gas pelindung karbon dioksida dan campuran karbon dioksida + argon digunakan sebagai pembolehubah. Proses kimpalan dilakukan dengan menggunakan sambungan temu bersiap tepi V tunggal bersudut 35° menggunakan dawai penambah berdiameter 1.2mm. Proses kimpalan arka logam gas dilakukan dengan menggunakan robot kimpalan Fanuc Roboweld 100i iaitu parameter yang ditetapkan adalah seperti pada Jadual 1 dan Jadual 2.

Jadual 1: Parameter boleh laras bagi kajian

Kadar tekanan gas	8 – 10 liter/min
Bekalan kuasa	190 – 230 A
Kelajuan mengimpal	30 – 35 cm/min

Jadual 2: Parameter tetap (malar) bagi kajian

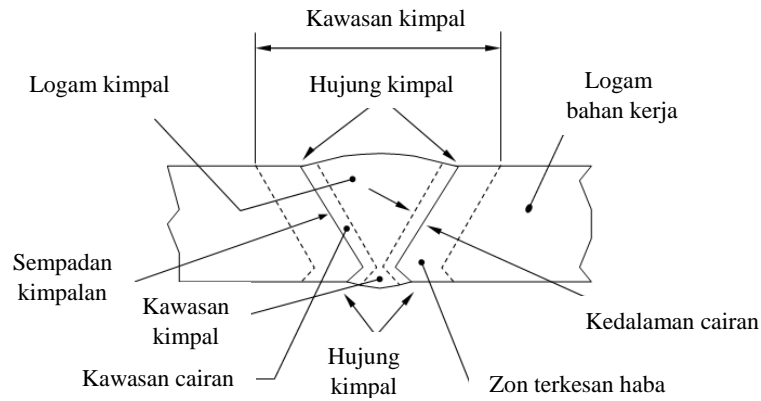
Sudut muncung dawai	5°
Jarak antara muncung dengan bahan kerja	12mm

Hanya satu larian kumai dikimpal pada setiap unit bahan kerja. Ujian makmal yang dijalankan ke atas sampel yang diambil adalah ujian kekerasan Rockwell menggunakan SHIMADZU Digital Rockwell Hardness Tester seperti pada Rajah 2 bagi melihat kesan proses kimpalan yang dijalankan menggunakan gas pelindung berbeza ke atas sifat mekanikal bahan kimpal (keluli tahan karat). Ujian kekerasan menggunakan kaedah pelekukan, iaitu pelekuk diaman yang berbentuk empat segi dengan permukaan yang berbentuk piramid. Beberapa titik dipilih bagi menentukan nilai kekerasan bahan kerja.

**Rajah 2: Bahan kerja melalui ujian kekerasan Rockwell**

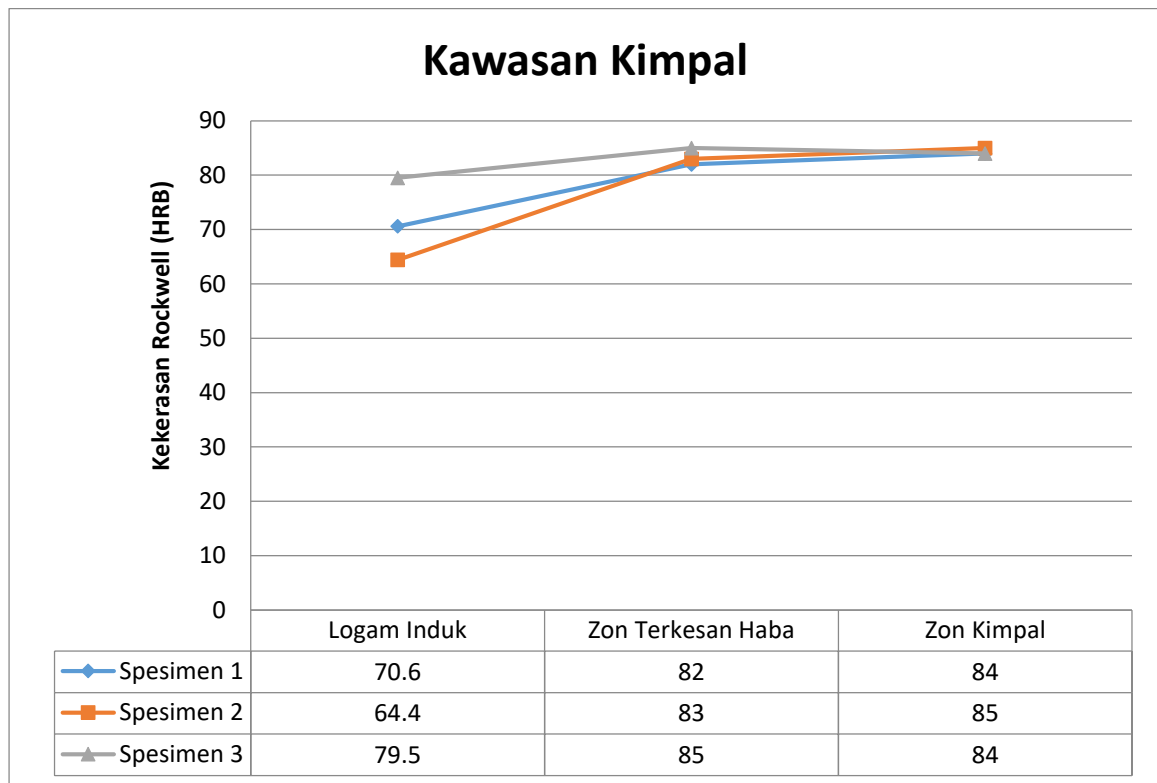
3. Hasil kajian dan Perbincangan

Kekerasan zon terkesan haba kumai yang dikimpal adalah sangat kritikal bagi memastikan ketahanan kumai tersebut. Kekerasan yang tinggi akan menyebabkan kumai yang dikimpal mudah retak dan kadar kemuluran yang rendah. Manakala, jika kekerasan rendah, akan menyebabkan hasil kimpalan musnah atau mengalami tegangan gagal (Bearhalter 2010). Kekerasan amat berkait rapat dengan kekuatan kimpalan. Oleh itu, ujian kekerasan Rockwell dijalankan bagi mendapatkan bacaan kekerasan di tiga bahagian penting (seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3) iaitu di logam induk, zon terkesan haba dan zon kimpalan.

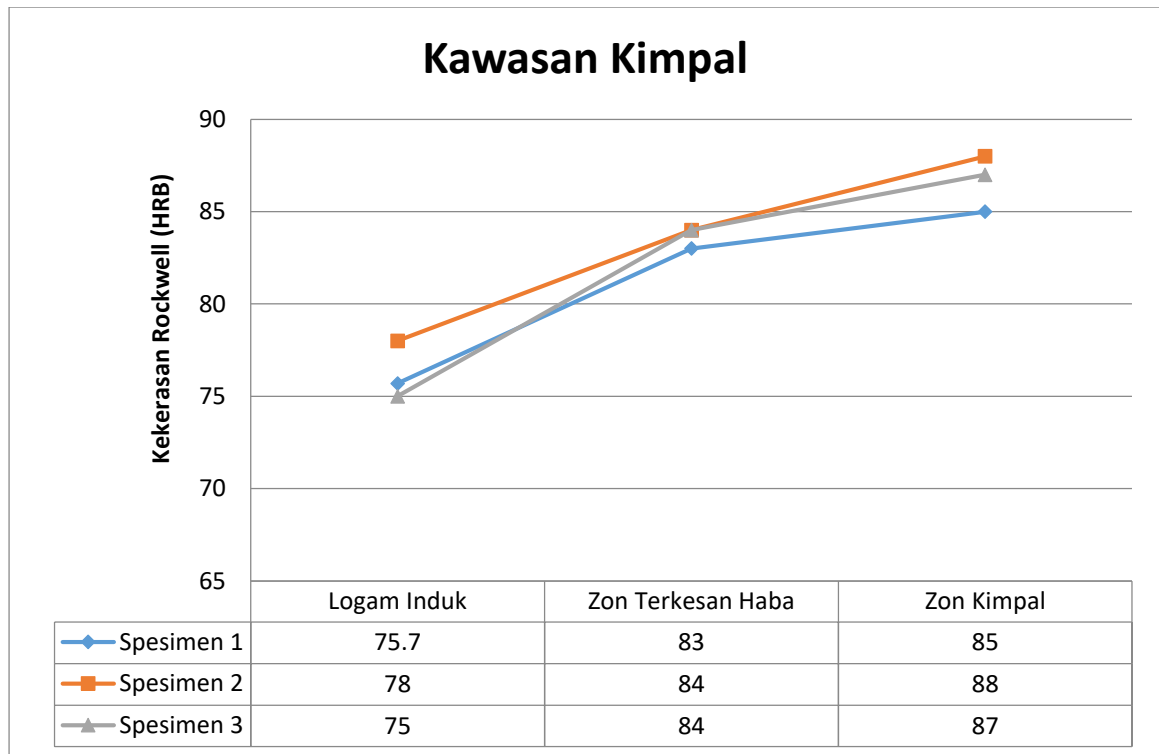


Rajah 3: Terminologi sambungan V tunggal (Izzatul, *et. al.*, 2012)

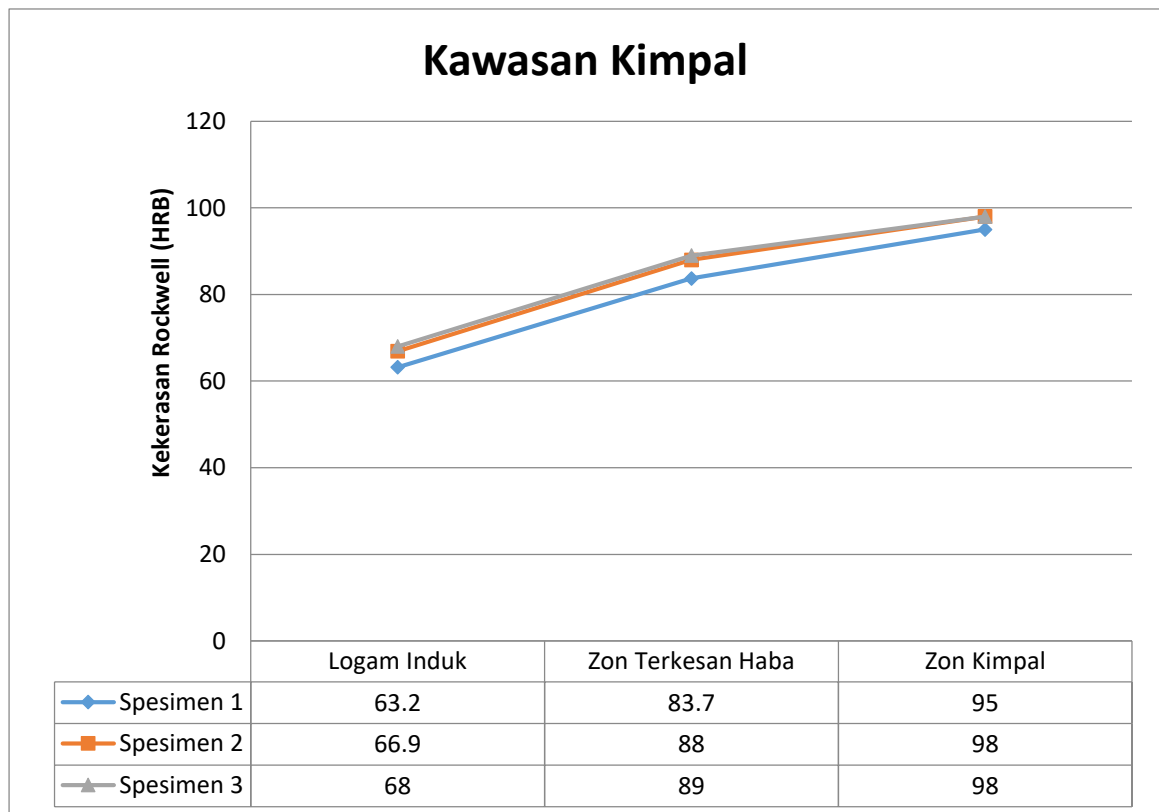
Rajah 4, Rajah 5, Rajah 6 dan Rajah 7 menunjukkan keputusan ujian kekerasan yang dilakukan dalam kajian ini.



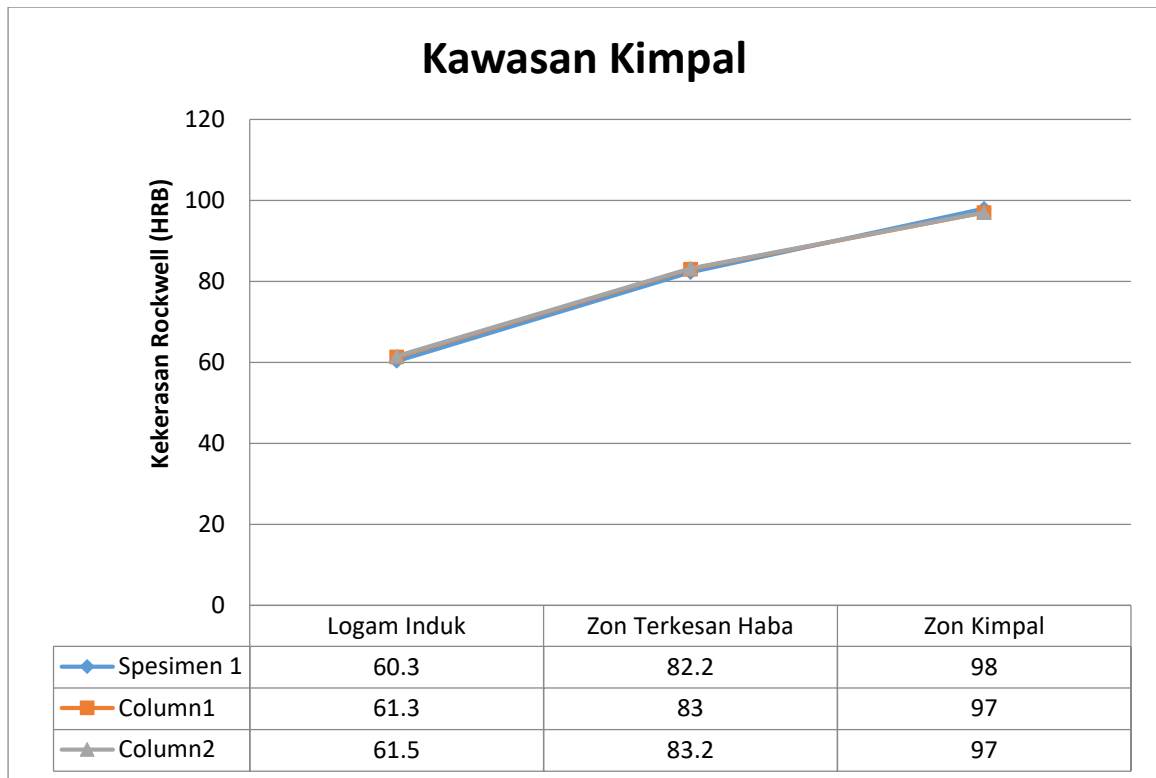
Rajah 4: Nilai kekerasan Rockwell bagi bahan kerja keluli tahan karat gred 304 dikimpal menggunakan gas pelindung karbon dioksida



Rajah 5: Nilai kekerasan Rockwell bagi bahan kerja keluli tahan karat gred 304 dikimpal menggunakan campuran gas pelindung karbon dioksida dan argon



Rajah 6: Nilai kekerasan Rockwell bagi bahan kerja keluli tahan karat gred 316 dikimpal menggunakan gas pelindung karbon dioksida



Rajah 7: Nilai kekerasan Rockwell bagi bahan kerja keluli tahan karat gred 316 dikimpal menggunakan campuran gas pelindung karbon dioksida dan argon

Yong, et. al., (2018) melaksanakan kajian yang hampir sama, dimana kajian mereka menggunakan campuran gas pelindung karbon dioksida, argon dan oksigen ke atas keluli karbon. Kajian tersebut mendapati peningkatan ratio karbon dioksida dalam campuran gas pelindung menyebabkan kawasan dan panjang kumai yang semakin kecil, akan tetapi penusukan dan lebar kimpalan meningkat. Selain itu, peningkatan ratio karbon dioksida dalam campuran gas pelindung turut meningkatkan kandungan ferit dalam logam kimpal. Kajian Zhang et. al., (2021) pula melihat kesan penambahan gas oksigen dan juga gas nitrogen kedalam campuran gas pelindung karbon dioksida + karbon. Kajian mereka mendapati penambahan oksigen dapat meningkatkan rupa kumai dan mengurangkan kecacatan logam. Manakala penambahan gas nitrogen pula dapat menggalakkan perubahan ferit ke austenit, dimana mikrostruktur logam bertambah baik.

Berdasarkan ujian kekerasan yang dijalankan ke atas bahan kerja, corak kekuatan struktur bagi kesemuanya hampir serupa iaitu kekerasan struktur kimpalan bertambah apabila menghampiri zon terkesan haba dan zon kimpal. Kesemua bahan kerja yang diuji menunjukkan kekuatan struktur dan nilai kekerasannya semakin tinggi apabila menghampiri zon kimpal. Ini disebabkan oleh keadaan mikrostruktur spesimen di kawasan zon kimpalan, dimana saiz bijian dikawasan zon kimpalan lebih kecil kerana ia menerima haba yang lebih tinggi berbanding di kawasan zon terkesan haba dan logam induk. Jika dibanding diantara keluli tahan karat gred 304 dan 316, boleh dilihat nilai kekerasan untuk gred 316 adalah lebih tinggi. Ini disebabkan kandungan molibdenum yang terkandung didalam gred 316 yang menyumbang kepada nilai kekerasan yang lebih tinggi.

4. Kesimpulan

Kajian ini menunjukkan penggunaan gas pelindung yang berbeza mempengaruhi kekerasan keluli tahan karat. Melalui ujian kekerasan yang dijalankan, didapati keluli tahan karat yang menggunakan campuran gas sebagai gas pelindung mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi berbanding penggunaan satu jenis gas pelindung. Selain itu, semasa proses penyediaan bahan kerja didapati bahawa gas pelindung campuran karbon dioksida dan argon menghasilkan gas yang memberi penusukan yang

baik, arka yang stabil dan mengurangkan recikan api. Manakala, penggunaan gas pelindung karbon dioksida menghasilkan arka yang tidak stabil dan ini menyebabkan mikrostruktur dikawasan kimpal tidak sekata walaupun memberi penusukan yang lebih baik. Kajian lanjut dan lebih terperinci bagi menyelidik kesan penggunaan gas pelindung yang berbeza terhadap logam kerja perlu diteruskan dan ditambahbaik. Antara penambahbaikan yang boleh dilakukan adalah kajian ke atas bilangan sampel/bahan kerja yang lebih banyak bagi mendapatkan lebih banyak data mentah untuk diproses. Ini dapat menjana keputusan yang lebih tepat dan jitu.

Penghargaan

Penulis ingin merakam setinggi-tinggi penghargaan kepada Pusat Latihan Pengajar dan Kemahiran Lanjutan (CIAST), Fakulti Kejuruteraan & Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia dan Jabatan Kejuruteraan Mekanikal, Politeknik Kuching.

References

- Darman, A. B. (2001). Teknologi Woksyop. IBS Buku Sdn Bhd.
- American Welding Society (1981). "Fundamentals of Welding" in *Welding Handbook: AWS*, pp. 7–9.
- A.R. Pavan, N. Chandrasekar, B. Arivazhagan, S. Kumar, M. Vasudevan (2021). "Study of arc characteristics using varying shielding gas and optimization of activated-tig welding technique for thick AISI 316L(N) plates", *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, Vol. 35, pp 675-690, Sept. 2021.
- Richard, B. (2010). Advancement in the Hardness Testing of Welds. *Inspection Trends*, 13(1), pp 14 - 16, American Welding Society.
- I. Bitharas, N.A. McPherson, W. McGhie, D. Roy, A.J. Moore (2018). "Visualisation and optimisation of shielding gas coverage during gas metal arc welding", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 255, pp 451-462, May 2018.
- Ibrahim, I. A., Mohamat, S. A., Amir, A., Abdul Ghalib (2012). The Effect of Gas Metal Arc Welding (GMAW) Processes on Different Welding Parameters. *Procedia Engineering*, 41, pp 1502 – 1506.
- Jeffus, Larry (2004). *Welding, Principles, and Application*. 5th Edition. USA: Thomson Delmar Learning.
- John, Vernon B. (2003). *Introduction to Engineering Materials*, 4th Edition. Palgrave Mcmillan Limited.
- P.Sathiya. Mahendra Kumar Mishra. B Shanmugarajan (2012). "Effect of shielding gases on microstructure and mechanical properties of super austenitic stainless steel by hybrid welding", *Material & Design*, Vol. 33, pp. 203-212, Jan. 2012.
- Bashah, M. N., (2010). "Kakisan antara butir pada Keluli Tahan Karat Austenitik", *Majalah Dewan Kosmik*, Jun 2010.
- Masanori Ashikaga (2003). "Essential Factors in Welding Procedure Controls", *Kobelco Welding Today*, Vol.6(2), pp. 3-7, April 2003.
- Hussain, M. D. (2006). *Kajian Sifat Sambungan Bahan Logam Melalui Proses Kimpalan*. Bachelor Degree Dissertation, Universiti Teknikal Melaka.
- Zhao, Y., Shi, X., Yan, K. Wang, G., Jia, Z., He, Y. (2018). "Effect of shielding gas on the metal transfer and weld morphology in pulsed current MAG welding of carbon steel", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 262, pp 382-391, Dec. 2018.
- Xin-Yu, Z., Zha, X. Q., Gao, L. Q., Hei, P. H., and Ren, Y. F. (2021) "Influence of Shielding Gas on Microstructure and Properties of GMAW DSS2205 Welded Joints", *Materials* 14(10), pp 2671, May 2021.