



STUDI OPTIMASI TEMPERATUR DAN VARIASI SUDUT KAMPUH LAS TERHADAP KEKUATAN IMPAK HASIL SAMBUNGAN PENGELASAN LAS PLASTIK DENGAN MATERIAL LEMBARAN PVC

Rizky Andian Pradhana ^{1*}, Bagus Wahyudi ², Elka Faizal ³, Pipit Wahyu Nugroho ⁴, Sulistyono ⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Produksi dan Perawatan, Fakultas Teknik mesin, Politeknik Negeri Malang

E-mail: humaspolinema.ac.id

ABSTRACT

The welding process using plastic materials, particularly PVC (polyvinyl chloride), is essential in various industrial applications to achieve strong and durable joints. Variables such as temperature and weld groove angle play a crucial role in determining the quality of the welded joints. This study aims to analyze and optimize the influence of hot gun welding temperature and weld groove angle variation on the impact strength of PVC welded joints. The research employs a Design of Experiment (DOE) using a factorial design and statistical analysis through two-way ANOVA. Three levels of hot gun air temperature (300°C, 305°C, and 310°C) and three groove angles (60°, 65°, and 70°) were tested. The testing process involved measuring the impact strength of each welded specimen until fracture. The collected data were analyzed using software tools such as Microsoft Excel and Minitab 21 to ensure accurate results. The findings indicate that higher temperatures and larger groove angles tend to result in lower impact strength. Additionally, the interaction between temperature and groove angle was statistically insignificant, with a p-value greater than 0.05. Through response optimization analysis, the most optimal combination for achieving the highest impact strength was identified as 300°C hot gun air temperature and a 60° weld groove angle. These findings are expected to serve as a reference for improving efficiency and consistency in thermoplastic welding processes using PVC material.

Keywords: Plastik Welding, Temperature, Weld Beam Angle, Impact Strength.

ABSTRAK

Proses pengelasan menggunakan plastik, khususnya PVC (polyvinyl chloride) menjadi penting dalam berbagai aplikasi industri untuk mencapai sambungan yang kuat dan tahan lama. Variabel seperti temperatur dan variasi sudut kampuh las memainkan peran krusial dalam menentukan kualitas hasil pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan pengaruh Temperatur serta variasi sudut kampuh las terhadap kekuatan impak sambungan hasil pengelasan plastik menggunakan material PVC. Metode yang digunakan adalah Desain of Experiment (DOE)

Article History

Received: Juli 2025

Reviewed: Juli 2025

Published: Juli 2025

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Factorial dengan analisis statistik ANOVA dua arah. Variasi temperatur udara hot gun welding dan sudut kampuh las menghasilkan tiga kombinasi temperatur udara hot gun welding untuk masing-masing variabel bebas: 300°C, 305°C, dan 310°C untuk temperatur udaranya, serta 60°, 65°, 70° untuk sudut kampuh las. Proses pengujian melibatkan pengambilan data menguji material dengan kekuatan impaknya hingga patah. Data tersebut diolah dengan bantuan perangkat lunak seperti Excel dan Minitab 21 untuk mendapatkan hasil analisis yang akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur dan sudut kampuh las, kekuatan impaknya cenderung lebih rendah. Interaksi antara keduanya juga terbukti tidak signifikan secara statistik dengan p-value > 0,05. Melalui analisis response optimizer, kombinasi paling optimal untuk menghasilkan kekuatan impak tertinggi adalah temperatur udara hot gun welding 300°C dan sudut kampuh las 60°. Temuan ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi produksi, khususnya di bidang pengelasan thermoplastik dengan material PVC.

Kata Kunci: *Pengelasan plastik, Temperatur, Sudut Kampuh Las, Kekuatan Impak.*

1. PENDAHULUAN

Seiring pesatnya perkembangan industri perabotan rumah tangga dan pembangunan rumah, pemilihan material bangunan yang efisien, tahan lama, dan ramah lingkungan semakin penting. Salah satu inovasi dalam material konstruksi adalah penggunaan plastik Polyvinyl Chloride (PVC) sebagai alternatif pengganti kayu, baja, dan beton. PVC dipilih karena keunggulannya seperti kekuatan tinggi, ketahanan terhadap cuaca, rayap, dan daya tahan terhadap benturan fisik serta kemudahan pengerjaan. Dengan meningkatnya kebutuhan perumahan di Indonesia, PVC menawarkan solusi praktis dan ekonomis dalam konstruksi (Suprpto & Kurniati, 2023).

Meskipun kayu masih banyak digunakan, material ini rentan terhadap serangan rayap, mudah lapuk akibat kelembaban, dan terpengaruh cuaca serta sinar matahari, yang mengurangi daya tahan. Selain itu, pasokan kayu yang terbatas menyebabkan harga semakin tinggi. PVC menawarkan ketahanan lebih baik terhadap rayap dan cuaca, bobot lebih ringan, serta beban kejut yang tak terduga (Iswanto, 2022).

PVC banyak diterapkan dalam konstruksi, seperti pintu, kusen jendela, lantai, dan furniture, berkat ketahanannya terhadap air, kelembaban, dan benturan. Proses pengolahan PVC umumnya menggunakan metode plastic welding, di mana material dipanaskan menggunakan welding gun untuk disatukan, menghasilkan sambungan yang kuat dan presisi.



Namun kualitas sambungan PVC sangat dipengaruhi oleh proses pengelasan, terutama hot gas welding, yang memerlukan pengaturan temperatur dan pemilihan sudut kampuh las yang tepat. Penelitian mengenai variasi temperatur dan variasi sudut kampuh las sangat penting untuk memastikan kekuatan sambungan yang optimal (A.R. et al., 2023).

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan sambungan PVC, untuk meningkatkan kualitas dan daya tahan material ini dalam konstruksi. Dengan demikian, PVC dapat terus berkembang sebagai material bangunan yang efisien, ramah lingkungan, dan tahan lama.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi eksperimental kuantitatif yang menggunakan metode Design of Experiment (DOE) rancangan faktorial dua arah untuk mengevaluasi pengaruh variasi temperatur udara dari hot gun (300°C, 305°C, 310°C) dan sudut kampuh V (60°, 65°, 70°) terhadap kekuatan impak sambungan PVC. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang pada Maret-Mei 2025. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan impak (Joule), sedangkan variabel kontrol meliputi ketebalan PVC (5 mm), jenis elektroda (PVC Ø 4 mm), suhu lingkungan (25°C), serta operator yang sama untuk semua proses pengelasan. Alat yang digunakan meliputi hot gun welding, mesin frais, alat uji impak Charpy, serta perangkat ukur lainnya. Proses dimulai dengan pemotongan lembaran PVC, pembentukan sudut kampuh, dan pengelasan menggunakan teknik high-speed welding untuk menghasilkan 9 kombinasi parameter dengan 3 ulangan, total 27 spesimen. Uji impak dilakukan berdasarkan standar ASTM D6110. Data dianalisis menggunakan Minitab 21 melalui uji normalitas, Two-Way ANOVA, serta response optimization untuk menentukan kombinasi parameter terbaik berdasarkan nilai desirability. Visualisasi hasil disajikan melalui main effect plot, interaction plot, surface plot, dan contour plot, serta pemodelan regresi linier berganda digunakan untuk membentuk hubungan matematis antar variabel.

2.1 Pengelasan Plastik

Pengelasan plastik adalah satu metode yang paling umum digunakan dan paling dapat diandalkan untuk menggabungkan bahan termoplastik. Seperti halnya logam, pengelasan termoplastik dilakukan dengan aplikasi panas terlokalisasi yang cukup untuk menghasilkan fusi area yang akan disambung (Haque & Siddiqui, 2016)



2.2 Hot Gas Welding

Hot Gas Welding (HGW) adalah salah satu metode yang digunakan untuk pengelasan plastik. Pengelasan dengan metode ini adalah pengelasan secara manual dengan menggunakan alat hot gun welding. Pengelasan ini dilakukan dengan menggunakan bahan tambah, yang umumnya terbuat dari bahan yang sama dengan bahan yang akan di las. Kita biasanya menyebutnya dengan elektroda (Haque et al., 2015).

2.3 Polyvinyl Chloride (PVC)

PVC (Polyvinyl Chloride) adalah jenis plastik termoplastik yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri karena sifatnya yang kuat, tahan bahan kimia, dan memiliki ketahanan yang baik terhadap cuaca serta api. PVC sering digunakan di dunia industri konstruksi, industri otomotif dll (Sinaga et al., 2023)

2.4 Elektroda Las Plastik

Elektroda atau kawat las plastik adalah batang atau kawat yang terbuat dari bahan termoplastik, yang digunakan sebagai bahan pengisi (filler rod) dalam proses pengelasan plastik (plastic welding). Kawat ini memiliki komposisi material yang sama atau kompatibel dengan bahan dasar yang akan disambung (seperti PVC, PP, PE) (Jiang et al., 2016)

2.5 Suhu Pengelasan

Suhu pengelasan adalah temperatur yang diperlukan untuk memanaskan material (baik logam maupun plastik) hingga titik tertentu agar dapat meleleh dan bersatu saat dilakukan proses pengelasan. Suhu yang tepat sangat penting karena mempengaruhi kualitas, kekuatan, dan integritas sambungan yang dihasilkan.

2.6 Uji Impak

Uji impak merupakan pengujian yang menggunakan beban cepat yang biasanya terjadi pada hantaman kapal dengan gelombang, helm jatuh ke aspal, dll (Nuhgraha et al., 2020).

A. Metode Charpy

Uji impak dengan cara meletakkan posisi spesimen yang akan diuji pada tumpuan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4 (Jalil et al., 2017)

B. Metode Izod

Pengujian pukul dengan cara meletakkan posisi spesimen yang akan diuji pada tumpuan atau cekaman dengan posisi vertikal dan arah pembebanan searah dengan arah takikan seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.5 (Jalil et al., 2017)



Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode charpy, menggunakan perhitungan energi dan luas permukaan patahan spesimen, maka kekuatan pukul dapat dihitung menggunakan rumus 2.1

$$ak = E/A \quad (2.1)$$

Keterangan:

ak : Kekuatan pukul (J/mm²)

A : Luas Permukaan petahan spesimen (mm²)

Tinggi pendulum dan sesudah dijatuhkan (h₁ - h₂) dapat dinyatakan dengan sudut, maka energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen dapat dihitung menggunakan rumus 2.2

$$E = P \times L \cos \beta - \cos \alpha \quad (2.2)$$

Keterangan:

E : Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen (Joule)

P : Berat pendulum (N)

L : Jarak antara sumbu pendulum dengan pusat gaya pendulum (m)

α : Sudut pendulum sebelum di jatuhkan

β : Sudut pendulum setelah mematahkan spesimen

Untuk mengetahui besar luas penampang yang digunakan pada pengujian pukul metode charpy digunakan dimensi dan ukuran spesimen uji impak charpy digunakan rumus 2.3

$$A = T \times L \quad (2.3)$$

Keterangan:

T : Tinggi Spesimen di bawah takik (mm)

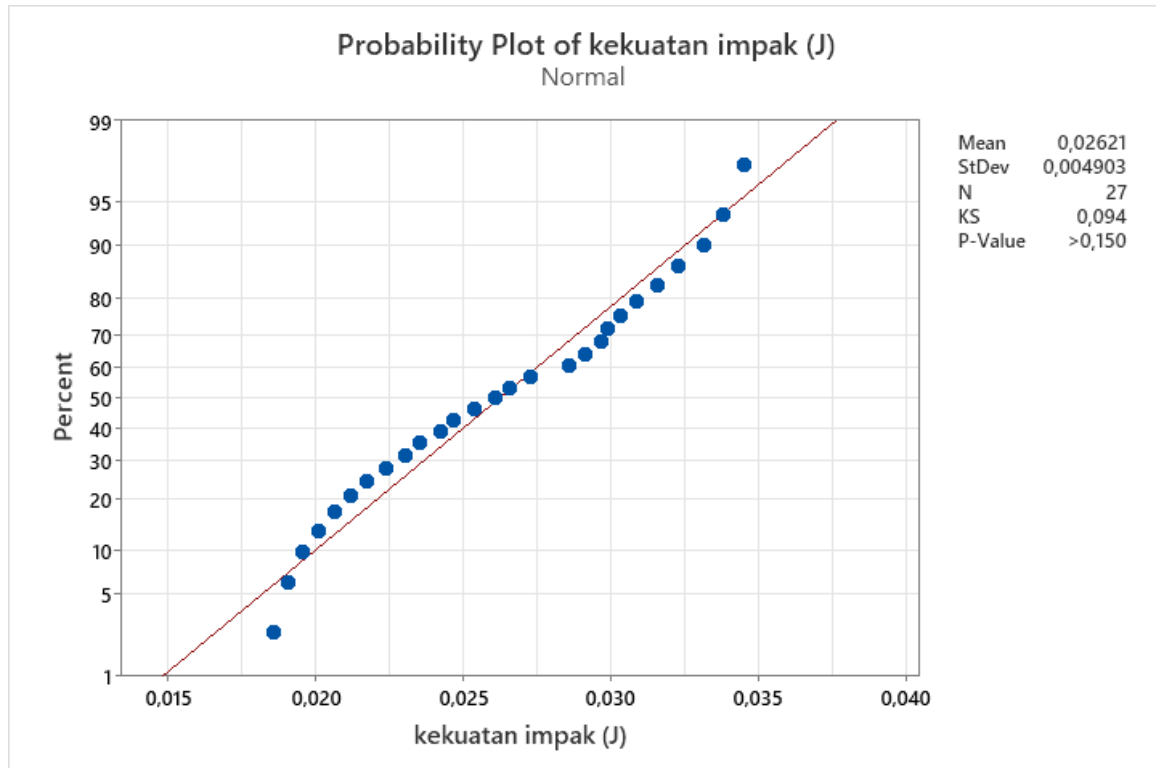
L : Lebar Spesimen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bagian ini, akan disajikan hasil analisis data berdasarkan uji statistik yang telah dilakukan Analisis bertujuan menguji hubungan antar variabel, interaksi kedua variabel, nilai optimum. serta normalitas data yang digunakan dalam penelitian. Berbagai uji statistik seperti Normal Probability, Two Ways ANOVA, Main Effect Plot, Interaction Effect Plot, Response Optimization, Persamaan Regresi, Contour, Plot Surface Plot. Hasil pengujian ini akan menjadi dasar dalam menarik kesimpulan terkait pola dan hubungan yang terdapat dalam data penelitian.

3.1 Normal Probability Plot

Pada gambar 3.1 di bawah merupakan bentuk penyajian dari uji normalitas. Dari gambar tersebut terlihat bahwa titik-titik data yang menyebar membentuk pola yang hampir linear dan penyebaran data searah mengikuti garis diagonal. Selain itu juga nilai dari p-value $0,150 > 0,05$ sehingga dapat disimpulkan data dari kekuatan impak hasil sambungan pengelasan terdistribusi normal.



Gambar 1. Probability Plot

3.2 Two Ways ANOVA (Analysis Of Variance)

Dalam konteks Analysis of Variance (ANOVA), khususnya Two-Ways ANOVA, penentuan terhadap diterima atau ditolakny hipotesis nol dapat didasarkan pada interpretasi nilai p-value. Nilai p sebesar 0,05 merupakan ambang signifikansi tertinggi yang diperbolehkan. Apabila p-value $< 0,05$, maka hasil dianggap signifikan secara statistik dan hipotesis nol ditolak. Sebaliknya, jika p-value $> 0,05$, maka hasil dianggap tidak signifikan, sehingga hipotesis nol tidak ditolak (Waluyo edy, 2024).



Tabel 1. Analysis Of Variance

Analysis of Variance

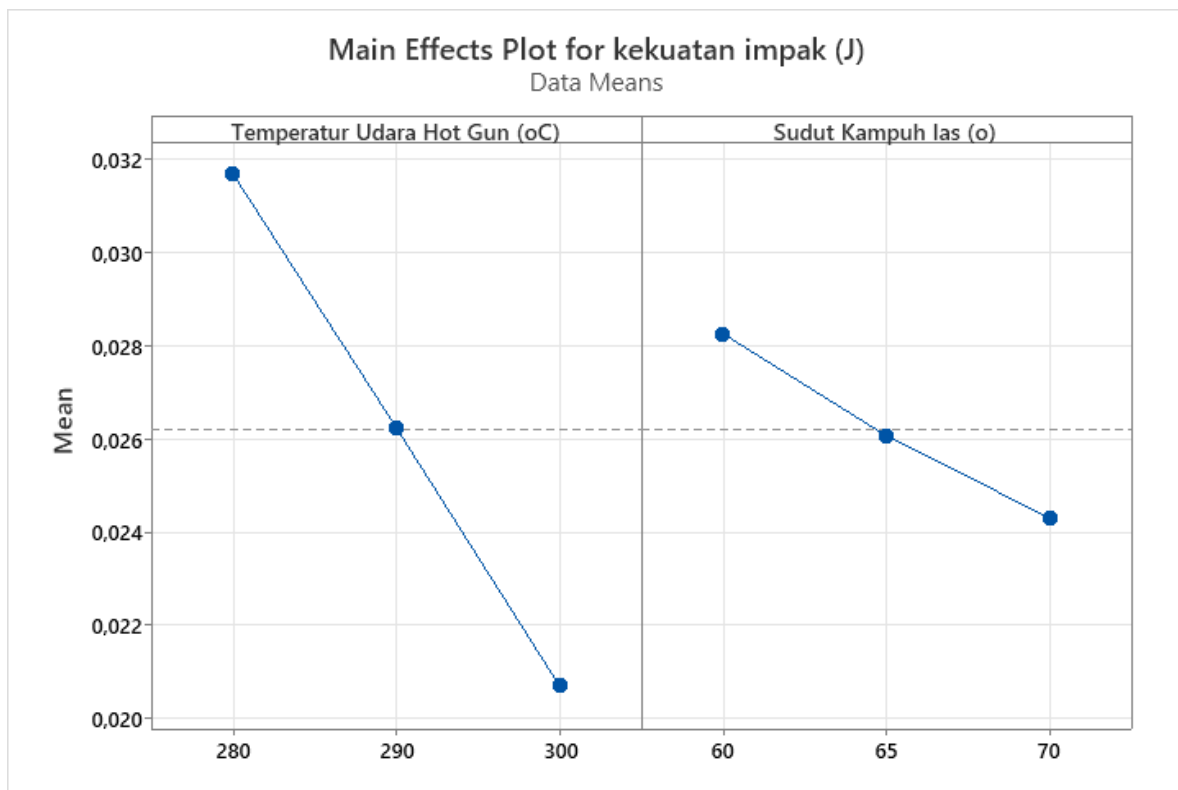
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value
Temperatur Udara Hot Gun (oC)	2	0,000544	0,000272	520,40
Sudut Kampuh las (o)	2	0,000071	0,000035	67,61
Temperatur Udara Hot Gun (oC)*Sudut Kampuh las (o)	4	0,000001	0,000000	0,52
Error	18	0,000009	0,000001	
Total	26	0,000625		

Source	P-Value
Temperatur Udara Hot Gun (oC)	0,000
Sudut Kampuh las (o)	0,000
Temperatur Udara Hot Gun (oC)*Sudut Kampuh las (o)	0,723
Error	
Total	

Dari data hasil pengujian analisis menggunakan minitab 21 yang ditunjukkan oleh tabel 4.2 di atas, diperoleh nilai P-value untuk masing-masing variabel bebas dan interaksinya. Nilai P-value temperatur udara hot gun welding dan sudut kampuh las masing-masing sebesar 0,000, yang berarti lebih kecil dari 0,05. Sehingga hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, dengan demikian kedua variabel tersebut berpengaruh signifikan terhadap kekuatan impact yang dihasilkan. Selain itu, interaksi antara temperatur udara hot gun welding dan sudut kampuh las tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan, hal ini ditunjukkan oleh nilai p-value sebesar 0,723 ($> 0,05$). Maka dapat disimpulkan bahwa apabila secara individu memiliki peran dalam menentukan kekuatan impact sedangkan interaksi keduanya tidak memiliki peran dalam menentukan kekuatan impact.

3.3 Main Effect Plot

Main Effects Plot merupakan salah satu metode visualisasi dalam analisis statistik, khususnya dalam analisis ANOVA (Analysis of Variance), yang digunakan untuk mengamati pengaruh masing-masing faktor terhadap nilai rata-rata respon. Grafik ini menampilkan rata-rata nilai variabel terikat (respon) untuk setiap level dari variabel bebas (faktor), dengan asumsi bahwa efek antar faktor bersifat independen (tidak berinteraksi).



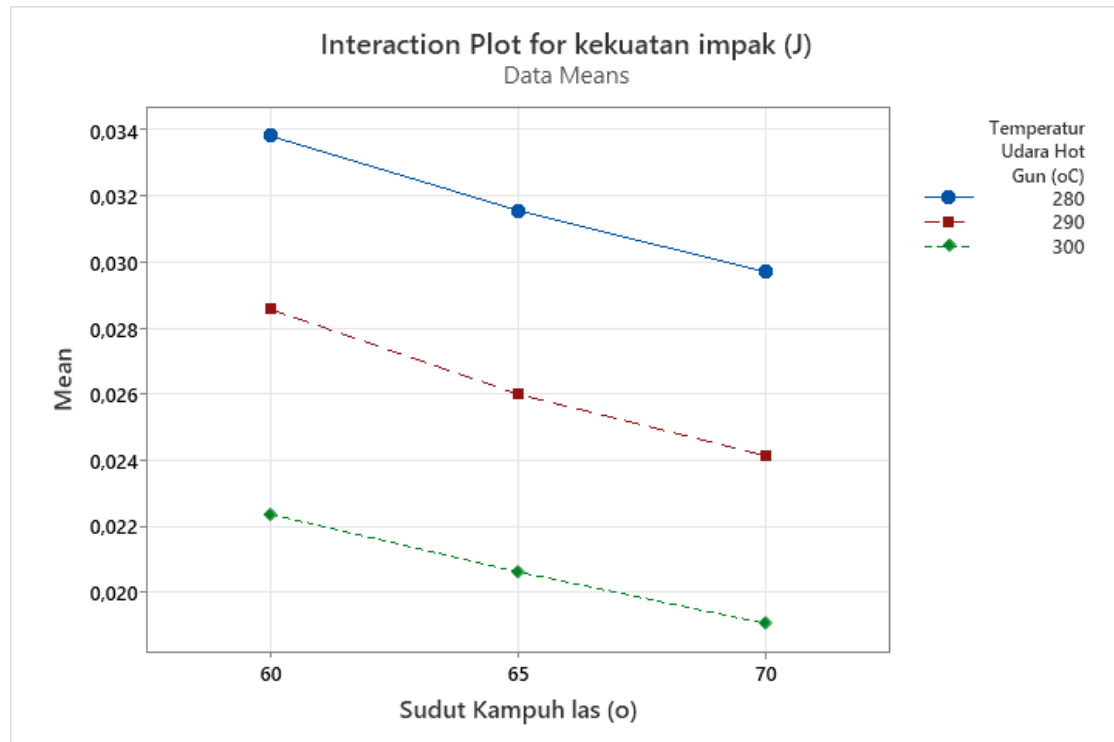
Gambar 2. Main Effect Plot

Berdasarkan Main Effects Plot untuk kekuatan impak (J) yang ditampilkan pada gambar 4.3 terlihat bahwa baik faktor temperatur udara hot gun maupun sudut kampuh las menunjukkan kemiringan garis yang signifikan, yang mengindikasikan adanya pengaruh utama terhadap nilai kekuatan impak. Pada sisi kiri grafik, peningkatan temperatur dari 280°C ke 300°C menyebabkan penurunan rata-rata kekuatan impak secara konsisten, dengan rata-rata tertinggi berada pada 280°C (sekitar 0,03169 J) dan terendah pada 300°C (sekitar 0,02069 J). Sementara itu, pada sisi kanan grafik, peningkatan sudut kampuh dari 60° ke 70° juga menunjukkan tren penurunan rata-rata kekuatan impak, meskipun tidak setajam pengaruh dari temperatur. Hal ini menunjukkan bahwa kedua faktor memiliki pengaruh terhadap kekuatan impak, dengan temperatur udara hot gun memberikan efek yang lebih dominan dibandingkan sudut kampuh las dalam konteks pengelasan termoplastik ini.

3.4 Interaction Effect Plot

Interaction Effect Plot digunakan untuk memvisualisasikan hubungan interaktif antara variabel-variabel bebas yang diuji dalam bentuk grafik. Grafik ini ditampilkan dalam bentuk garis untuk memperlihatkan pola interaksi. Jika garis-garis yang terbentuk sejajar (paralel), maka hal tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara variabel-

variabel bebas. Apabila garis-garis mendekati sejajar atau tidak saling memotong, hal ini menunjukkan bahwa interaksi yang terjadi tergolong lemah atau tidak signifikan. Sebaliknya, jika garis-garis saling bersilangan atau berpotongan tajam, maka dapat diinterpretasikan adanya interaksi yang kuat antar kedua variabel (Frost, 2019).



Gambar 3. Interaction Effect Plot

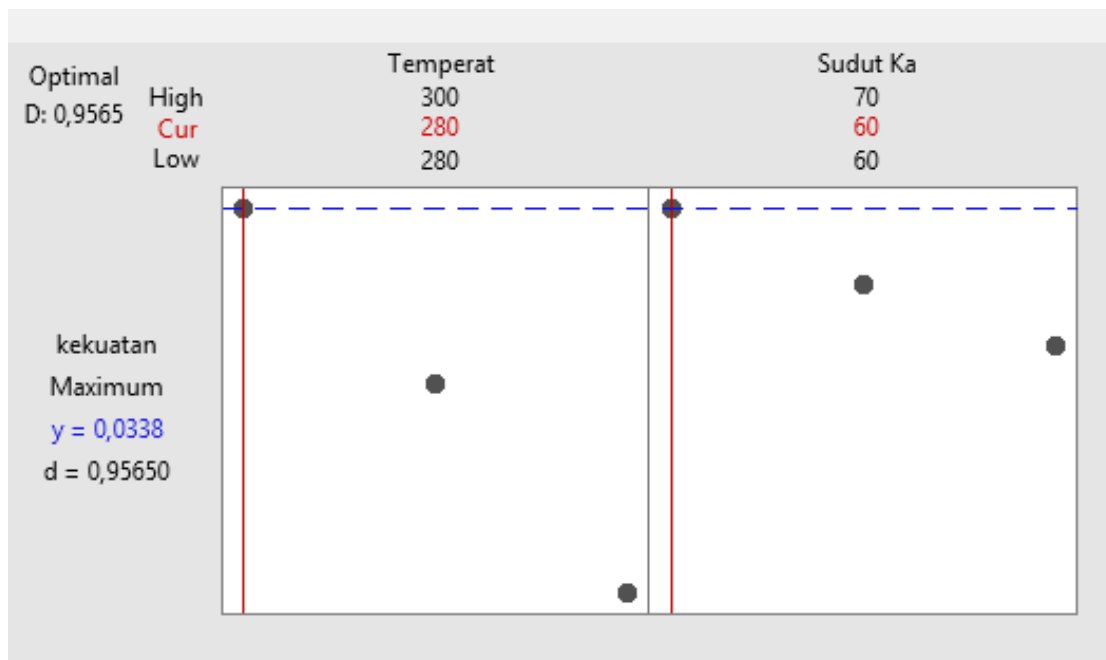
Dari grafik pada gambar 4.4 di atas terdapat garis yang memiliki indikator warna. Untuk nilai hasil kekuatan impak pada temperatur udara hot gun welding 300°C (ditunjukkan garis berwarna hijau) dengan sudut kampuh las 60° menghasilkan kekuatan impak sebesar 0,02237 J, kemudian dengan sudut kampuh las 65° dan 70° menghasilkan kekuatan impak berturut-turut 0,02063 J dan 0,01907 J.

Pada temperatur udara hot gun welding 290°C (ditunjukkan garis berwarna merah) dengan sudut kampuh las 60° menghasilkan kekuatan impak sebesar 0,02857 J, kemudian dengan sudut kampuh las 65° dan 70° menghasilkan kekuatan impak berturut-turut 0,02601 J dan 0,02414.

Untuk temperatur udara hot gun welding 280°C (ditunjukkan garis berwarna biru) dengan sudut kampuh las 60° menghasilkan kekuatan impak sebesar 0,03381 J, kemudian dengan sudut kampuh las 65° dan 70° menghasilkan kekuatan impak berturut-turut 0,03156 J dan 0,02969 J.

3.5 Response Optimization

Response optimization merupakan metode analisis statistik yang digunakan untuk menemukan kombinasi terbaik dari berbagai level variabel bebas guna menghasilkan nilai optimal pada variabel terikat. Teknik ini sangat berguna dalam situasi di mana terdapat lebih dari satu faktor yang memengaruhi respon, dan peneliti ingin mengetahui konfigurasi paling efektif dari semua faktor tersebut secara bersamaan. Dengan kata lain, response optimization tidak hanya mengevaluasi pengaruh individual tiap variabel bebas terhadap respon, tetapi juga mempertimbangkan efek gabungan atau simultan dari semua faktor yang diuji.



Gambar 4. Response Optimization

Setelah dilakukan analisis data menggunakan Minitab 21, diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5. Dengan menetapkan target kekuatan dampak maksimum, nilai desirability (D) yang dihasilkan adalah 0,9565. Berdasarkan kategori tingkat optimalisasi, nilai ini termasuk dalam kategori excellent optimization, yang berarti proses sudah menunjukkan tingkat optimalisasi sangat baik. Berdasarkan hasil ini, pengaturan terbaik pada mesin las hot gun welding diperoleh dengan kombinasi temperatur sebesar 280°C dan sudut kampuh las 60°. Kombinasi ini ditunjukkan oleh titik yang dilintasi oleh garis merah serta garis biru putus-putus pada grafik response optimization.



3.6 Persamaan Regresi

Analisis regresi linear berganda adalah teknik regresi yang memiliki banyak variabel bebas lebih dari satu. keunggulan analisis regresi linear berganda mampu memprediksi keadaan di masa depan melalui pengukuran beberapa variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y) (Prasetyo, 2022).

Regression Equation

$$\text{kekuatan impak (J)} = 0,21131 - 0,000550 \text{ Temperatur Udara Hot Gun (oC)} \\ - 0,000395 \text{ Sudut Kampuh las (o)}$$

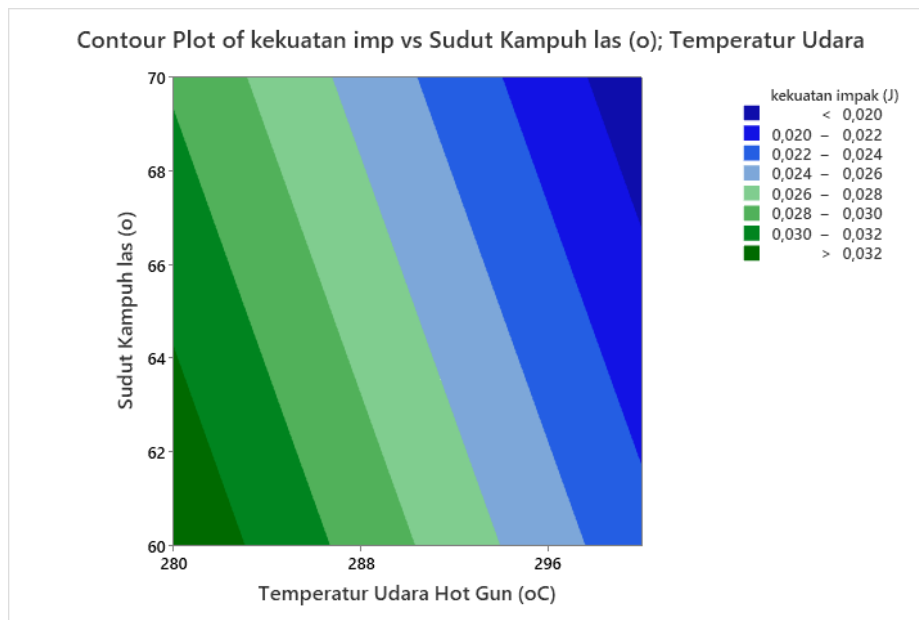
Awalan dari hasil penelitian didapatkan persamaan sebagai berikut, yang dapat dijelaskan nilai konstanta (rumus tetap) sebesar 0,21131, maka bisa diartikan jika temperatur hot gun dan sudut kampuh las naik satu satuan maka kekuatan impak akan naik sebesar 0,21131.

Selanjutnya untuk koefesien temperatur bisa disimpulkan nilai koefesien temperatur sebesar -0,000550, maka bisa diartikan jika temperatur hot gun naik satu satuan maka kekuatan impak akan turun sebesar -0,000550.

Terakhir untuk koefesien sudut kampuh las bisa disimpulkan nilai koefesien sudut kampuh las sebesar negatif -0,000395. Maka bisa diartikan jika sudut kampuh las naik satu satuan maka kekuatan impak akan turun sebesar -0,000395

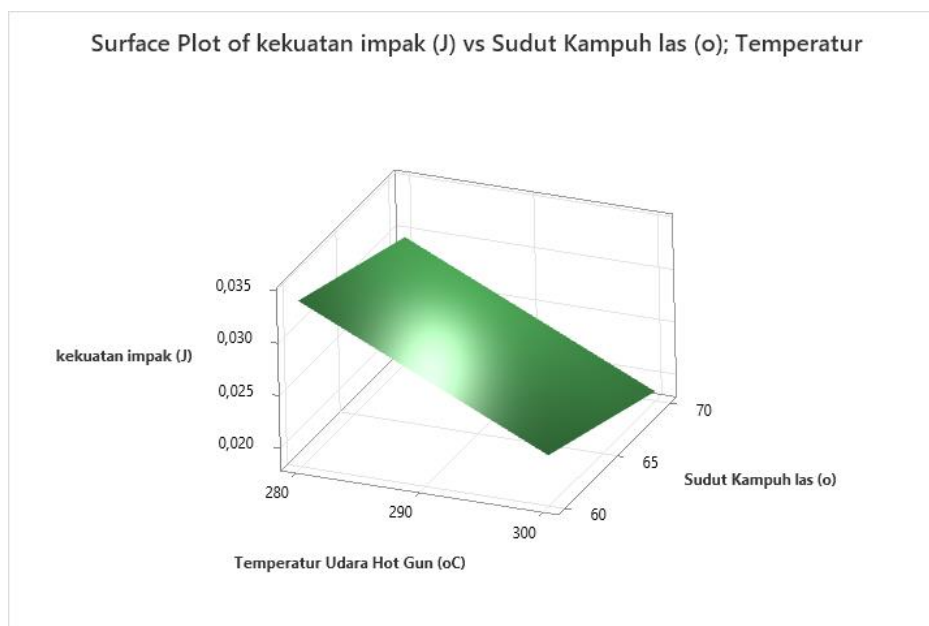
3.7 Contour Plot dan Surface Plot

Contour plot dan surface plot merupakan dua jenis visualisasi grafis yang umum digunakan dalam analisis statistik untuk menggambarkan hubungan antara dua variabel bebas terhadap satu variabel respon. Contour plot disajikan dalam bentuk dua dimensi, di mana garis-garis kontur mewakili tingkat atau nilai yang sama dari variabel respon (Anwar et al., 2021). Sementara itu, surface plot adalah representasi grafik tiga dimensi yang menggambarkan perubahan nilai respon terhadap variasi dua variabel bebas (Anwar et al., 2021).



Gambar 5, Contour Plot

Dari gambar 4.5 dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin gelap warna hijau menunjukkan area dimana terjadi kekuatan impak paling tinggi yaitu hingga lebih besar dari $>0,032$, sebaliknya jika semakin gelap warna biru maka semakin rendah kekuatan impak yang dihasilkan hingga $<0,020$. Sebagai contoh apabila menggunakan sudut kampuh las 60° dan temperatur udara 280°C maka titik tersebut berada di area hijau paling gelap sehingga kombinasi tersebut dapat menghasilkan kekuatan impak tertinggi hingga $>0,032$.



Gambar 6, Surface Plot



Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat hubungan antara kekuatan impak (J) terhadap dua variabel bebas, yaitu temperatur udara hot gun ($^{\circ}\text{C}$) dan sudut kampuh las ($^{\circ}$). Grafik tersebut menunjukkan bahwa kekuatan impak tertinggi diperoleh pada saat temperatur udara hot gun berada pada kisaran yang lebih rendah, yaitu sekitar 280°C , serta sudut kampuh las yang lebih kecil, yaitu sekitar 60° . Seiring meningkatnya temperatur dan sudut kampuh, kekuatan impak cenderung menurun. Permukaan grafik yang terbentuk tampak halus dan cenderung linear menurun, yang menandakan bahwa pengaruh kedua variabel bebas terhadap kekuatan impak bersifat individual dan tidak menunjukkan adanya interaksi yang signifikan. Dengan demikian, baik temperatur udara hot gun maupun sudut kampuh las masing-masing memiliki pengaruh negatif terhadap nilai kekuatan impak jika nilainya terlalu tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa terdapat pengaruh signifikan dari variasi temperatur udara hot gun welding terhadap kekuatan impak sambungan. Semakin tinggi temperatur udara hot gun yang digunakan, maka kekuatan impak yang dihasilkan cenderung menurun. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata kekuatan impak yang diperoleh pada temperatur 280°C , 290°C , dan 300°C secara berturut-turut sebesar 0,03168 J, 0,02623 J, dan 0,02069 J, dengan kekuatan impak tertinggi dicapai pada temperatur 280°C . Selain itu, variasi sudut kampuh las juga menunjukkan pengaruh terhadap kekuatan impak, di mana sudut kampuh yang semakin besar cenderung menghasilkan kekuatan impak yang lebih rendah. Hasil uji menunjukkan bahwa sudut 60° , 65° , dan 70° menghasilkan kekuatan impak masing-masing sebesar 0,02825 J, 0,02607 J, dan 0,02430 J, dengan sudut 60° menghasilkan kekuatan tertinggi. Namun, berdasarkan analisis grafik Interaction Effect Plot dan uji Two-Way ANOVA, interaksi antara temperatur udara hot gun welding dan sudut kampuh las tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap kekuatan impak, yang ditunjukkan oleh pola garis paralel dan nilai p-value sebesar 0,723 ($>0,05$). Akhirnya, melalui analisis response optimization, kombinasi temperatur dan sudut kampuh optimal untuk menghasilkan kekuatan impak tertinggi adalah pada temperatur 280°C dan sudut kampuh 60° , dengan kekuatan impak prediktif sebesar 0,03381 J.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Suprpto, W. A. A., & Kurniati, D. (2023). Inovasi Eksperimental Paving Block Dengan Limbah Plastik Jenis Polyvinyl Chloride (Pvc) Terhadap Kuat Tekan Paving Experimental Innovation of Paving Block With Polyvinyl Chloride (Pvc) Type of Plastic Waste. Universitas Teknologi Yogyakarta.
- [2] Iswanto, A. H. (2022). Rayap Sebagai Serangga Perusak Kayu Dan Metode Penanggulangannya. Rayap Sebagai Perusak Kayu Dan Metode Penanggulangannya, 1-6.
- [3] A.R., A. L., Ilmah, A. M., Ilmah, A. M., Kusuma Hadi, N. H., Kusuma Hadi, N. H., Rohman, S., & Rohman, S. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Suhu dan Jarak Gap Terhadap Parameter Penggunaan Hot Gas Welding Pada Pembuatan Perahu PVC. Inovtek Polbeng,13(1),44. <https://doi.org/10.35314/ip.v13i1.3204>
- [4] Setiawan, A., Witono, K., & Gumono, G. (2022). Pengaruh Temperatur Pelat-Landasan Pada Jig Hot-Gas Welding Dan Sudut V-Groove Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Hdpe Sheet. Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur (JETM), 5(01), 01-06. <https://doi.org/10.33795/jetm.v5i01.116>
- [5] Witono, K., Setiawan, A., & Susilo, S. H. (2022). Analisis Temperatur Pelat Landasan Hot-Gas Welding Dan Bentuk Bevel Terhadap Kekuatan Tarik Lasan Hdpe. Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur (JETM), 5(02),11-14. [tps://doi.org/10.33795/jetm.v5i02.137](https://doi.org/10.33795/jetm.v5i02.137)
- [6] A.R., A. L., Ilmah, A. M., Ilmah, A. M., Kusuma Hadi, N. H., Kusuma Hadi, N. H., Rohman, S., & Rohman, S. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Suhu dan Jarak Gap Terhadap Parameter Penggunaan Hot Gas Welding Pada Pembuatan Perahu PVC. Inovtek Polbeng,13(1),44.
- [7] Ayeik Abimanyu, & Prantasi Harmi Tjahjanti. (2021). Oxy Acetylene Welding Analysis for Plastic Welding of Thermoplastic Polymer Materials. Procedia of Engineering and Life Science, 1(1), 1-4. <https://doi.org/10.21070/pels.v1i1.833>
- [8] Rohman, R., Prasetyo, A., Abdulah, A., Karyadi, K., Thiyana, T., & Sukarman, S. (2022). The Effect of Temperature on Tensile Strength of Polypropylene Plate Material Using Hot



Gas Welding (HGW) Method. Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore, 3(1),9-16.
<https://doi.org/10.36805/jtmmx.v3i1.2453>

- [9] Haque, S., & Siddiqui, M. A. (2016). Plastic Welding: Important Facts and Developments. American Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 1(2),15-19.
<https://doi.org/10.11648/j.ajmie.20160102.12>
- [10] Haque, S., Kumar, M., & Khan, A. (2015). Hot gas welding of plastic: Fundamentals & importance. Invertis Journal of Science & Technology, 8(4), 216-219.
- [11] Sinaga, Y. K., Priharyoto Bayuseno, A., & Ismail, R. (2023). Pembuatan Komposit Polivinil Klorida (PVC) Menggunakan Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Limbah Padat Hasil Ekstraksi Aspal Buton Dengan Konsentrasi HNO₃. Jurnal Teknik Mesin S-1, 11(3), 43-50.
- [12] Jiang, Q. Bin, Wang, X. L., & Yan, J. C. (2016). Welding of thermoplastic composites. Cailiao Kexue Yu Gongyi/Material Science and Technology, 13(3), 247-250.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4101.0803>
- [13] Zulfadly, Z., & Ghony, M. A. (2022). Variasi Ampere Terhadap Kekuatan Tarik Pada Hasil Pengelasan Dengan Posisi Down Hand. Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik, 1(01), 39-50.
<https://doi.org/10.55904/hexatech.v1i01.75>
- [14] Nuhgraha, Y., Rosa, M. K. A., & Agustian, I. (2020). Perancangan Alat Uji Impak Digital dengan Metode Charpy Untuk Mengukur Kekuatan Material Polimer. Jurnal Amplifier : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer, 10(2), 15-19.
<https://doi.org/10.33369/jamplifier.v10i2.15316>
- [15] Jalil, S. A., Zulfikri, & Rahayu, T. (2017). Analisa Kekuatan Impak Pada Penyambungan. 15(2), 58-63.
- [16] Ahadi, G. D., & Zain, N. N. L. E. (2023). Pemeriksaan Uji Kenormalan dengan Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling dan Shapiro-Wilk. Eigen Mathematics Journal, 6(1), 11-19.
<https://doi.org/10.29303/emj.v6i1.131>



- [17] Nasrum, A. (2018). untuk Penelitian. UJI NORMALITAS DATA Untuk PENELITIAN, 117.
- [18] Rahmawati, A. S., & Erina, R. (2020). Rancangan Acak Lengkap (Ral) Dengan Uji Anova Dua Jalur. OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika, 4(1), 54-62. <https://doi.org/10.37478/optika.v4i1.333>
- [19] Frost, J. (2019). Regression Analysis: An Intuitive Guide for Using and Interpreting Linear Models. Jim Publishing.
- [20] Nugroho, Z. R. (2025). OPTIMASI MULTI-PARAMETER 3D PRINTING BERBAHAN DASAR PLA UNTUK MENINGKATKAN TENSILE STRENGTH DAN WEIGHT RATIO DENGAN PENDEKATAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY. universitas islam yogyakarta.
- [21] Derringer, G., & Suich, R. (2018). Simultaneous Optimization of Several Response Variables. Journal of Quality Technology, 12(4), 214-219.
- [22] Waluyo edy, S. A. J. E. (2024). Analisis data sampel menggunakan uji hipotesis penelitian perbandingan pendapatan menggunakan uji anova dan uji t. Ekonomi Dan Bisnis, 2(30218365), 775-785.
- [23] Prasetyo, R. A. (2022). Analisis Regresi Linear Berganda Untuk Melihat Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Kemiskinan di Provinsi Sumatera Barat. Journal of Mathematics UNP, 7(2), 62. <https://doi.org/10.24036/unpjomath.v7i2.12777>
- [24] Anwar, K., Istiqamah, F., & Hadi, S. (2021). Optimasi Suhu dan Waktu Ekstraksi Akar Pasak Bumi (*Eurycoma longifolia* jack.) Menggunakan Metode RSM (response surface methodology) dengan Pelarut Etanol 70%. Jurnal Pharmascience, 8(1), 53. <https://doi.org/10.20527/jps.v8i1.9085>