

**ANALISIS TEMPERATURE TEMPER DAN COOLING RATE TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA PADUAN RENDAH****Veny Selviyanty<sup>1</sup>, Desmarita Leni<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Eka Sakti Padang

Jl. Veteran No.26B, Purus, Kec. Padang Bar., Kota Padang, Sumatera Barat 25115.

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Jl. Pasir Jambak No.4, Pasie Nan Tigo, Kec. Koto Tengah, Kota Padang, Sumatera Barat 25586.

\*Email: desmaritaleni@gmail.com

**Abstrak**

Cooling rate adalah tingkat atau laju pendinginan suatu material setelah mengalami proses pemanasan atau perlakuan panas. Perlakuan panas yang dilakukan bervariasi tergantung pada metode pendinginan yang digunakan yang dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanik dan struktural dari material. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh temperature temper (TT) dan cooling rate (CR) terhadap sifat mekanik baja paduan rendah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang meliputi pengumpulan data, analisis data dengan menggunakan korelasi Pearson dan regresi linear. Kemudian dilihat nilai R-squared untuk mengevaluasi seberapa baik model regresi menjelaskan variasi dari variabel terikat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif yang cukup lemah antara TT dengan yield strength (YS) sebesar 0.32 dan ultimate tensile strength (UTS) sebesar 0.31, sedangkan TT memiliki korelasi positif yang cukup kuat dengan Impact Strength (IS) sebesar 0.65. Dari hubungan korelasi CR dengan YS didapatkan korelasi positif sebesar 0.33, UTS sebesar 0.25, sedangkan pada Elongation (EL) didapatkan korelasi negatif sebesar 0.11. Hasil ini menunjukkan bahwa temperatur temper dapat menurunkan nilai YS dan UTS pada suhu yang lebih tinggi.

**Kata kunci:** Temperature Temper, cooling rate, baja paduan rendah

**PENDAHULUAN**

Baja paduan rendah adalah jenis baja yang memiliki unsur kimia tambahan seperti nikel, krom, molibdenum dan unsur kimia lainnya. Penggunaan baja paduan rendah yang begitu pesat dan beragam di dunia teknik tidak terlepas dari kekuatannya yang tinggi. Penambahan unsur paduan, seperti karbon dan mangan dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan luluh baja ini (Leni, D., & Sumiati, 2022). Hal ini membuatnya sangat cocok untuk digunakan dalam struktur-struktur yang harus menahan beban berat, seperti bangunan, jembatan, dan alat berat. Selain itu, baja paduan rendah juga memiliki kekerasan yang baik, yang membuatnya tahan terhadap aus dan goresan. Kemampuan baja untuk beradaptasi dengan berbagai kebutuhan industri menjadikannya bahan yang sangat berharga dalam berbagai sektor, mulai dari konstruksi hingga manufaktur, otomotif, energi, dan masih banyak lagi.

Dengan penyesuaian komposisi dan perlakuan panas yang cermat, baja dapat memenuhi berbagai persyaratan teknis yang dibutuhkan dalam aplikasi industri yang berbeda. Tingginya akan kebutuhan baja paduan

rendah dalam berbagai industri modern, maka secara tidak langsung menuntut pelaku industri baja untuk meningkatkan kemampuan baja sesuai kebutuhan industri (Trenggono & Alfirano, 2016). Menurut (Binudi & Adjiantoro, 2018) sifat mekanik baja paduan rendah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti unsur kimia, suhu perlakuan panas dan laju pendinginan. Komposisi kimia yang dicampurkan ke dalam baja, seperti karbon, mangan, dan nikel, memiliki pengaruh langsung terhadap kekuatan dan kekerasan baja. Ketika baja diberikan proses perlakuan panas maka dapat mengubah struktur mikro, yang pada gilirannya mempengaruhi sifat-sifat mekaniknya. Selain itu, laju pendinginan setelah perlakuan panas juga memiliki dampak signifikan, karena pengendalian pendinginan yang tepat dapat menghasilkan struktur yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi, sehingga memastikan kinerja mekanik yang optimal.

Tujuan utama dari *tempering* adalah meningkatkan kekuatan baja paduan rendah. Melalui proses pemanasan dan penekanan yang tepat pada baja, struktur mikro dapat diubah untuk menghasilkan butiran yang lebih kecil dan

seragam. Hal ini secara signifikan meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan kekerasan baja, menjadikannya lebih tahan terhadap beban berat dan tekanan (Adawiyah dkk., 2014).

Perkembangan informasi dan *database material* yang pesat memberikan kemudahan dalam melakukan analisis pengaruh Temperature Temper dan Cooling Rate terhadap sifat mekanik baja paduan rendah dan pengembangan material yang sesuai dengan kebutuhan industri. Banyak database material yang populer saat ini seperti *open quantum material database*, *material project*, *computational materials repository*, *Harvard clean energy project*, *an organic crystal structure database*, *mat Mach*, *mat web*, dan *a flow lib* (D Leni, F Earnestly, R Sumiati, A Adriansyah, 2023), (Malinowski dkk., 2022). Database ini dapat digunakan sebagai landasan dalam melakukan analisis sifat mekanik baja paduan rendah sebab database ini memiliki informasi seperti unsur kimia, suhu perlakuan panas dan laju pendinginan. Namun sebagian besar database ini hanya menyediakan data berupa angka dan gambar sehingga diperlukan analisis lebih lanjut untuk memperoleh informasi yang lebih valid.

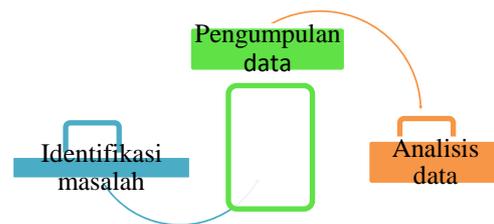
Analisis korelasi merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mengukur hubungan antara dua atau lebih variabel. Metode ini digunakan untuk menentukan seberapa kuat atau lemah hubungan antara variabel-variabel yang diteliti. Tujuannya adalah untuk mengukur sejauh mana perubahan dalam satu variabel dapat diprediksi dari perubahan dalam variabel lainnya. Analisis korelasi dapat digunakan untuk menentukan hubungan linier atau non-linier antara dua variabel. Beberapa jenis analisis korelasi yang digunakan dalam penelitian adalah *Pearson*, *Spearman*, *Kendall*, dan *linear regresi* (Sukardin dkk., 2023).

Berdasarkan permasalahan yang sudah diuraikan maka penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis temperature temper dan cooling rate terhadap sifat mekanik baja paduan rendah menggunakan analisis korelasi Pearson kemudian di evaluasi dengan linear regresi. Metode linear regresi digunakan untuk menentukan hubungan antara variabel bebas (TT dan CR) dengan variabel terikat (sifat mekanik baja paduan rendah) yang dinyatakan dalam bentuk persamaan garis regresi. Setelah melakukan analisis linear regresi, hasilnya dapat

ditampilkan dalam bentuk visualisasi data yang memudahkan dalam memahami korelasi antara variabel TT, CR dengan sifat mekanik baja paduan rendah. Visualisasi data ini dapat berupa grafik *scatter plot* atau plot garis regresi yang menunjukkan hubungan antara variabel TT, CR dengan sifat mekanik baja paduan rendah serta melihat nilai *R-squared* yang mengukur tingkat keterkaitan antara variabel bebas (TT dan CR) dengan variabel terikat (sifat mekanik baja paduan rendah), sehingga hal ini akan memberikan gambaran yang jelas tentang pengaruh TT dan CR terhadap sifat mekanik baja paduan rendah.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam melakukan analisis temperature temper dan *cooling rate* terhadap sifat mekanik baja paduan rendah adalah metode penelitian eksperimen ini bisa dilihat pada tahapan penelitian Gambar 1.



**Gambar 1. Tahapan Penelitian**

Langkah pertama adalah mengidentifikasi masalah dan tujuan penelitian. Dalam penelitian ini, masalah yang diteliti adalah pengaruh temperature temper dan *cooling rate* terhadap sifat mekanik baja paduan rendah. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui hubungan antara *temperature temper* dan *cooling rate* dengan sifat mekanik baja paduan rendah. Langkah kedua adalah pengumpulan data. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari *NS Reedy* dengan jumlah 140 data, yang terdiri dari 15 variabel yang meliputi komposisi kimia paduan, perlakuan panas, dan sifat mekanik (Reddy dkk., 2009).

Analisis data: Langkah selanjutnya adalah analisis data. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis korelasi Pearson untuk mengetahui hubungan antara *temperature temper* dan *cooling rate* dengan sifat mekanik baja paduan rendah. Kemudian dilakukan evaluasi dengan linear regresi, untuk membuat

model matematika yang menjelaskan hubungan antara kedua variabel tersebut. Data yang digunakan akan ditampilkan dalam bentuk *scatter plot* untuk visualisasi dan akan diperiksa nilai *R-squared* untuk mengevaluasi seberapa baik model regresi menjelaskan variasi dari variabel terikat.

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{(n-1)s_x s_y} \quad (1)$$

Dimana  $r_{xy}$  adalah koefisien korelasi Pearson,  $\sum xy$  adalah jumlah perkalian  $x$  dan  $y$ ,  $n$  adalah ukuran sampel,  $x$  adalah variabel independen,  $y$  adalah variabel dependen, dan  $S$  adalah standar deviasi (ADRIANSYAH, Adriansyah; LENI, Desmarita; SUMIATI, 2022). Nilai koefisien korelasi berkisar dari -1 hingga 1. Nilai -1 menunjukkan korelasi negatif yang kuat antara kedua variabel, nilai 0 menunjukkan tidak ada korelasi, dan nilai 1 menunjukkan korelasi positif yang kuat (ADRIANSYAH, Adriansyah; LENI, Desmarita; SUMIATI, 2022). Persamaan Linear Regresi (Abadi dkk., 2022) adalah :

$$Y = a + bX \quad (2)$$

Dimana  $Y$  adalah variabel terikat,  $X$  adalah variabel bebas,  $a$  adalah konstanta, dan  $b$  adalah koefisien regresi (pengaruh positif atau negatif). Persamaan ini menunjukkan bahwa  $Y$  dapat digambarkan sebagai fungsi linier dari  $X$ , dimana  $a$  merupakan titik potong sumbu  $Y$  dan  $b$  merupakan kemiringan garis regresi. *R-squared* (*coefficient of determination*) adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur seberapa baik model regresi menjelaskan variasi dari variabel terikat. *R-squared* berkisar antara 0 dan 1, dimana nilai yang mendekati 1 menunjukkan model yang baik dan nilai yang mendekati 0 menunjukkan model yang buruk. *R-squared* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Di Mari dkk., 2023):

$$R^2 = 1 - (SSE/SST) \quad (3)$$

Dimana  $SSE$  adalah *sum of squared error* (penjumlahan kuadrat error),  $SST$  adalah *total sum of square* (penjumlahan kuadrat total). Nilai *R-squared* yang mendekati 1 menunjukkan model yang sangat baik, sedangkan nilai *R-squared* yang mendekati 0 menunjukkan model

yang kurang baik dalam menjelaskan variasi dari variabel terikat.

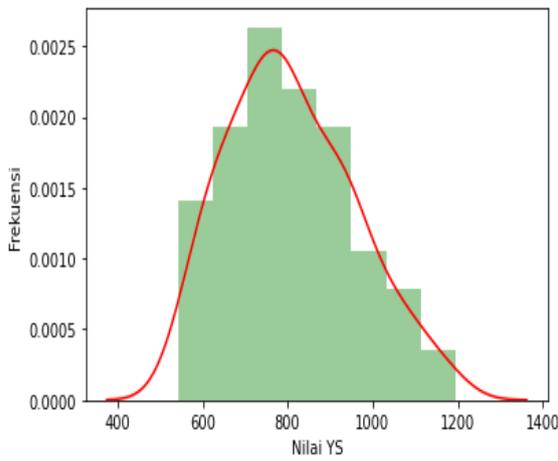
Interpretasi dan simpulan: Langkah terakhir adalah interpretasi dan simpulan dari hasil penelitian. Hasil dari analisis korelasi *Pearson*, linear regresi, visualisasi *scatterplot* dan nilai *R-squared* akan dianalisis dan diterjemahkan serta ditarik kesimpulan tentang pengaruh *temperature temper* dan *cooling rate* terhadap sifat mekanik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

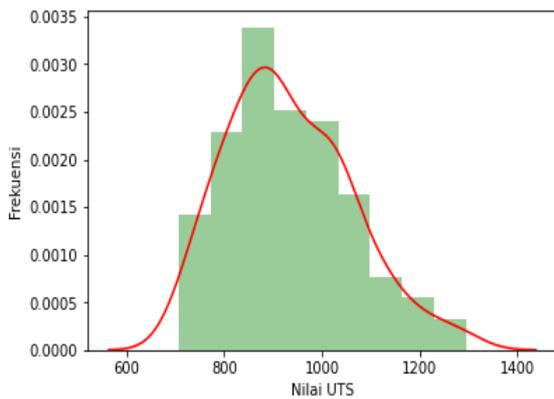
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *temperature temper* (TT) dan *cooling rate* (CR) terhadap sifat mekanik baja paduan rendah. Data yang digunakan dalam studi ini diperoleh dari *Ns Reedy* dengan jumlah 140 data yang terdiri dari 15 variabel (komposisi kimia paduan, perlakuan panas, dan sifat mekanik). Untuk mengetahui hubungan sifat mekanik baja paduan rendah terhadap TT dan CR digunakan korelasi *Pearson*. Kemudian dilakukan evaluasi dengan linear regresi, untuk membuat model matematika yang menjelaskan hubungan antara kedua variabel tersebut. Data yang digunakan ditampilkan dalam bentuk *scatterplot* untuk visualisasi dan diperiksa nilai *R-squared*-nya untuk mengevaluasi seberapa baik model regresi menjelaskan variasi dari variabel terikat.

Visualisasi data adalah salah satu metode untuk memahami dan mengevaluasi distribusi sifat mekanik dari baja paduan rendah. Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan visualisasi data sifat mekanik, seperti *Yield Strength* (YS), *Ultimate Tensile Strength* (UTS), *Elongation* (EL), *reduction of area* (RA), dan *Impact Strength* (IS), menggunakan histogram. Histogram menunjukkan distribusi data dengan menampilkan jumlah data dalam setiap kategori atau kelas. Dalam hal ini, histogram akan digunakan untuk menampilkan distribusi data sifat mekanik. Sehingga, dapat dilihat dengan jelas distribusi dari masing-masing sifat mekanik, seperti YS, UTS, EL, RA, dan IS pada Gambar 2. Distribusi data variabel YS, UTS, EL dan IS tampak beragam, hal ini dapat dilihat dari bentuk garis histogram yang berbeda-beda, namun variabel RA tampaknya memiliki distribusi data yang terkonsentrasi ke arah kanan, yang menandakan nilainya lebih dominan ke nilai yang lebih besar. Selain itu, garis linear merah akan digunakan untuk menampilkan garis *Kernel density estimation*

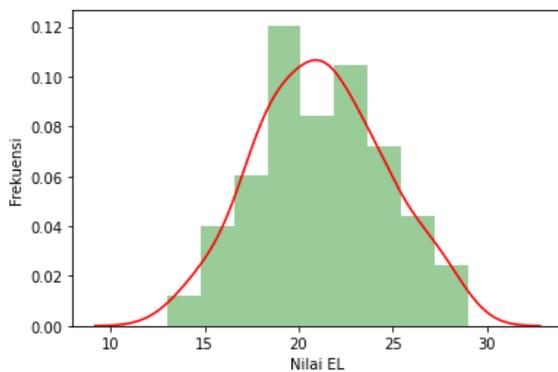
(KDE) dari distribusi data sifat mekanik baja paduan rendah.



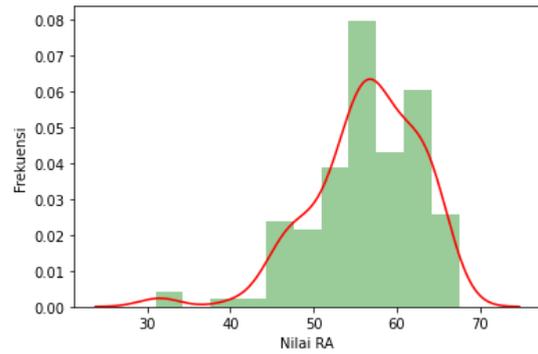
(a) Frekuensi – nilai YS



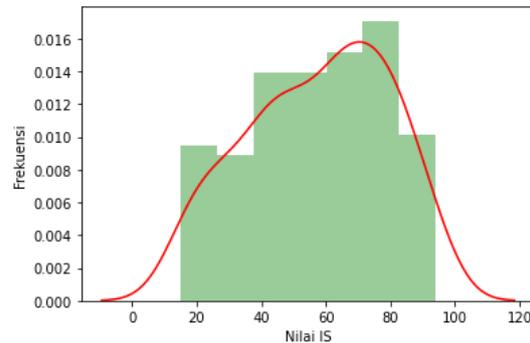
(b) Frekuensi – Nilai UTS



(c) Frekuensi – Nilai EL



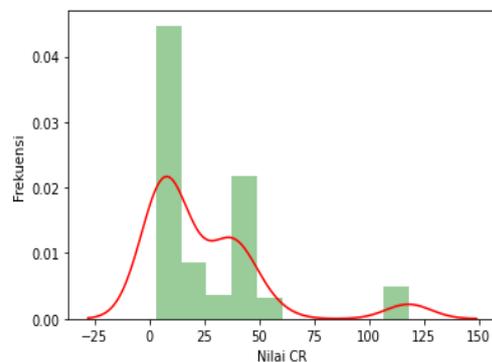
(d) Frekuensi – Nilai RA



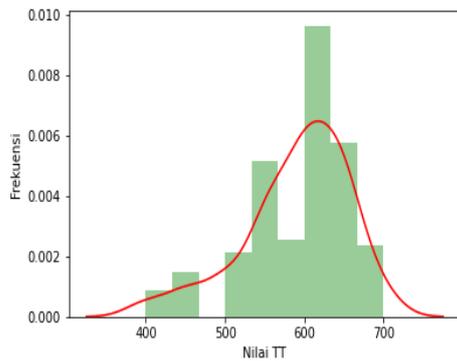
(e) Frekuensi – Nilai IS

**Gambar 2. Diagram Frekuensi terhadap nilai YS (a), UTS (b), EL (c), RA (d), IS (e).**

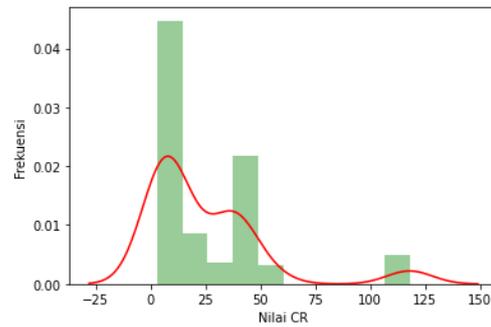
Selain itu, variabel bebas seperti TT dan CR juga dapat divisualisasikan menggunakan histogram dengan garis linear merah. Grafik variabel TT terlihat membesar di bagian kanan, menandakan nilai TT lebih terkonsentrasi dengan nilai yang relatif tinggi. Variabel CR tampak memiliki grafik histogram yang condong membesar ke arah kiri, yang menandakan nilai CR lebih terkonsentrasi dengan nilai kecil. Ini dapat dilihat dengan lebih jelas pada Gambar 3.



(a) Frekuensi – Nilai CR



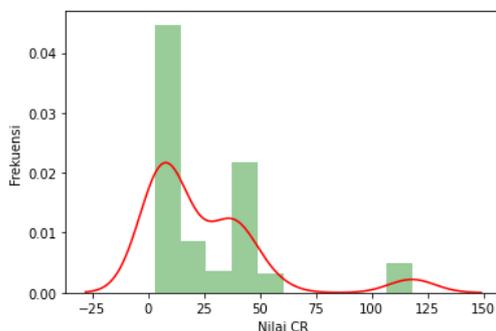
(b) Frekuensi – Nilai TT



b). Frekuensi – Nilai TT

**Gambar 3. Diagram Frekuensi terhadap nilai CR (a) dan TT (b).**

Selain itu, variabel bebas seperti TT dan CR juga dapat divisualisasikan menggunakan histogram dengan garis linear merah. Grafik variabel TT terlihat membesar di bagian kanan, menandakan nilai TT lebih terkonsentrasi dengan nilai yang relatif tinggi. Variabel CR tampak memiliki grafik histogram yang condong membesar ke arah kiri, yang menandakan nilai CR lebih terkonsentrasi dengan nilai kecil. Ini dapat dilihat dengan lebih jelas pada Gambar 3.

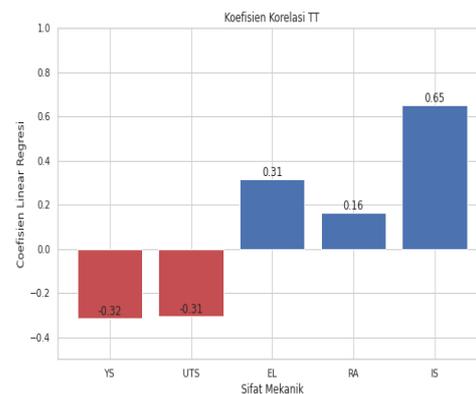


a). Frekuensi – Nilai CR

Korelasi Pearson digunakan untuk melihat hubungan linear antar variabel TT dengan sifat mekanik baja paduan rendah, dimana hasil korelasi *Pearson* yang di dapatkan menunjukkan bahwa hubungan antara variabel temperatur temper (TT) dan sifat mekanik baja paduan rendah seperti YS, UTS, EL, RA dan IS pada Gambar 4 sebagai berikut :

Koefisien korelasi negatif antara -0.32 untuk YS dan -0.31 untuk UTS menunjukkan bahwa ada korelasi negatif yang cukup lemah antara TT dan YS/UTS. ini berarti semakin tinggi TT maka akan semakin rendah sifat mekanik baja paduan rendah YS/UTS.

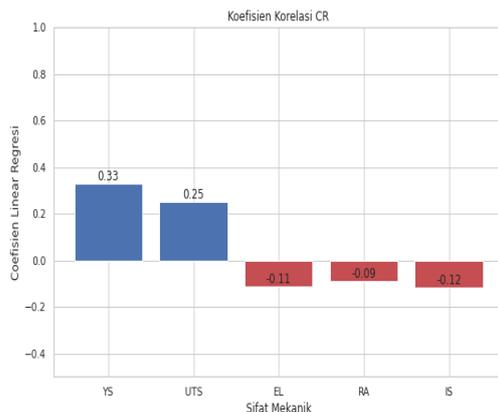
Koefisien korelasi positif 0.31 untuk EL, 0.16 untuk RA, dan 0.65 untuk IS menunjukkan bahwa ada korelasi positif yang cukup lemah antara TT dengan EL/RA, namun cukup kuat dengan IS. Ini mengindikasikan semakin tinggi TT maka sifat mekanik baja paduan rendah EL, RA, dan IS juga akan lebih tinggi.



**Gambar 4. Hasil korelasi *Pearson* TT dengan sifat mekanik.**

Hasil korelasi *Pearson* variabel CR dengan sifat mekanik baja paduan rendah dapat dilihat pada Gambar 5, dimana koefisien korelasi negatif antara -0.32 untuk YS dan -0.31 untuk UTS menunjukkan bahwa ada hubungan negatif yang cukup lemah antara CR dan YS/UTS. Ini berarti semakin tinggi CR maka akan semakin rendah sifat mekanik baja paduan rendah YS/UTS, hal ini dapat menunjukkan bahwa peningkatan CR dapat menurunkan kuat tegang dari baja paduan rendah. Sedangkan koefisien korelasi positif 0.31 untuk EL, 0.16 untuk RA, dan 0.65 untuk IS menunjukkan bahwa ada korelasi positif yang cukup lemah antara CR dengan EL/RA, namun cukup kuat dengan IS. Ini mengindikasikan semakin tinggi CR maka sifat mekanik baja paduan rendah EL/RA/IS juga akan lebih tinggi.

Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan CR dapat meningkatkan kemampuan baja paduan rendah untuk diperpanjang (EL) dan meningkatkan kekuatan impak baja paduan rendah (IS), tetapi dapat menurunkan kemampuan baja paduan rendah untuk kembali ke bentuk aslinya setelah ditarik (RA).



**Gambar 5. Hasil korelasi Pearson CR dengan sifat mekanik**

Setelah hasil korelasi Pearson didapatkan langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil korelasi Pearson dengan hasil *koefisien regresi linear* untuk melihat hubungan TT dan CR dengan sifat mekanik baja paduan rendah. Hasil koefisien regresi linear untuk TT dan CR dengan sifat mekanik baja paduan rendah menunjukkan hubungan yang berbeda-beda antara kedua variabel independen ini dengan sifat mekanik baja paduan rendah.

Hasil untuk TT, koefisien regresi linear negatif dengan YS dan UTS menunjukkan bahwa semakin tinggi TT, maka sifat mekanik baja paduan rendah YS dan UTS akan mengalami penurunan sedangkan, koefisien regresi linear positif untuk EL, RA, dan IS menunjukkan bahwa semakin tinggi TT, maka sifat mekanik baja paduan rendah EL/RA/IS juga akan meningkat. Hasil untuk CR, Koefisien regresi linear negatif untuk EL (-0.013), RA (-0.020), dan IS (0.092) menunjukkan bahwa semakin tinggi CR, maka sifat mekanik baja paduan rendah EL/RA/IS akan mengalami penurunan. Hal ini sejalan dengan hasil korelasi Pearson yang menunjukkan korelasi negatif antara CR dengan EL, RA, dan IS

**Tabel 1. Koefisien linear regresi TT dengan sifat mekanik**

Sifat Mekanik	Koefisien Regresi Linear	Konstanta
Yield Strength (YS)	0.705	1224.899
Ultimate Tensile Strength (UTS)	-0.583	1277.470
Elongation (EL)	0.016	11.703
Reduction of Area (RA)	0.015	47.0142
Impact Strength (IS)	0.211	-67.419

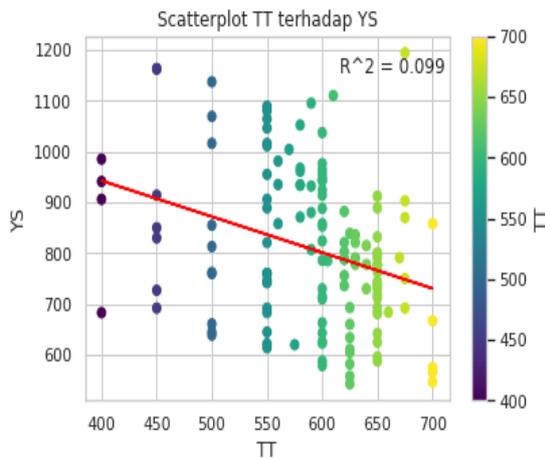
**Tabel 2. Koefisien linear regresi CR dengan sifat mekanik**

Sifat Mekanik	Koefisien Regresi Linear	Konstanta
Yield Strength (YS)	1.786	764.293
Ultimate Tensile Strength (UTS)	1.163	904.379
Elongation (EL)	0.013	21.506
Reduction of Area (RA)	0.020	56.857
Impact Strength (IS)	0.092	59.863

Hasil tabel 1 dan 2 menyatakan, koefisien regresi linear (*slope*) memberikan informasi tentang seberapa kuat hubungan antara TT dengan sifat mekanik baja paduan rendah, sementara konstanta (*intercept*) memberikan informasi tentang nilai sifat mekanik baja paduan rendah jika suhu (TT) sama dengan nol.

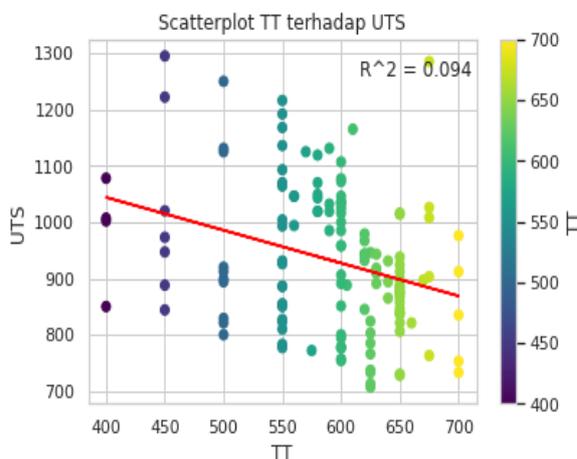
Hasil korelasi Pearson dan koefisien regresi linear divisualisasikan dengan scatterplot serta dilihat nilai R-squared dua variabel tersebut untuk mengevaluasi hubungan antara variabel independen (TT) dan variabel dependen (sifat mekanik baja paduan rendah). Tujuan visualisasi menggunakan scatterplot adalah untuk melihat apakah ada pola linier yang jelas dalam hubungan antara variabel independen dan dependen. Pola yang jelas ini akan menunjukkan bahwa ada hubungan linier yang kuat antara kedua variabel tersebut dan menunjukkan bahwa

model regresi yang digunakan dalam analisis korelasi Pearson dapat digunakan untuk memprediksi sifat mekanik dari variabel TT dan CR.

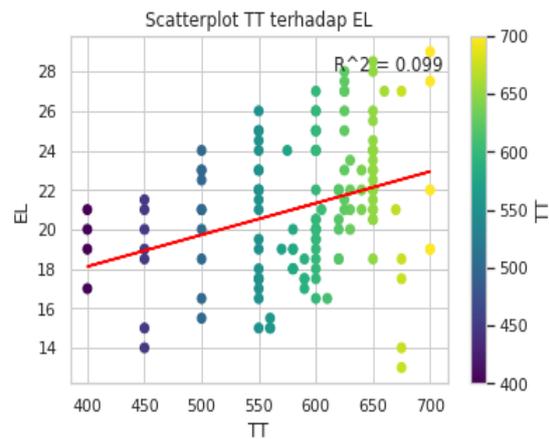


(a)

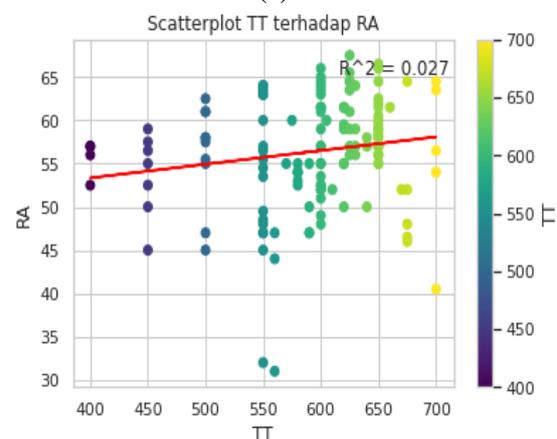
Nilai R-squared akan menunjukkan seberapa baik model regresi dapat menjelaskan variasi dari variabel dependen. Jika nilai R-squared mendekati 1 maka model regresi dapat digunakan untuk memprediksi variabel dependen dari variabel independen secara efektif. Namun, jika nilai R-squared yang rendah mendekati 0, maka model regresi kurang akurat untuk menjelaskan variasi dari variabel dependen dengan baik. Berikut adalah hasil *R-squared* dari variabel TT dengan sifat mekanik baja paduan rendah, dimana YS 0.099, UTS 0.094, EL 0.099, RA 0.027, IS 0.422 untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 6.



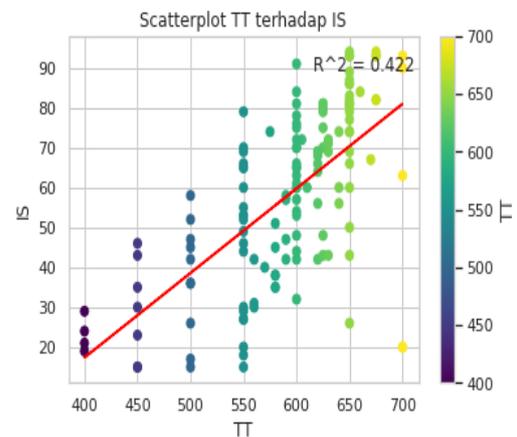
(b)



(c)



(d)



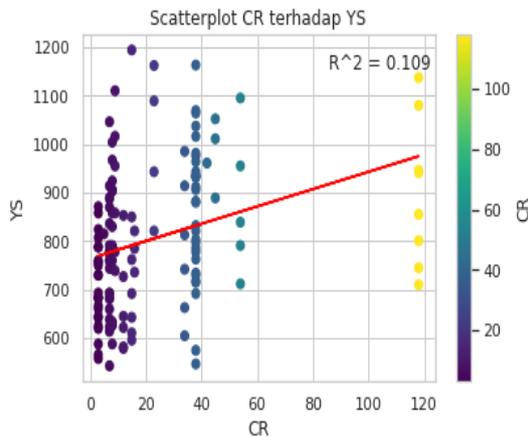
(e)

**Gambar 6. Scatterplot YS (a), UTS (b), EL (c), RA (d), IS (e) terhadap *R-squared*.**

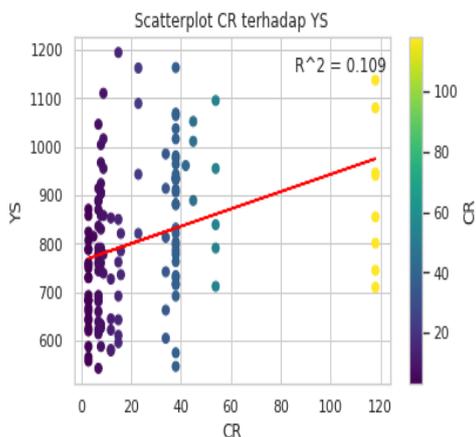
Hasil *R-squared* pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa nilai *R-squared* untuk IS memiliki nilai yang cukup tinggi yaitu 0.422, menunjukkan bahwa model regresi linear yang digunakan cukup baik dalam menjelaskan

variasi dari IS. Ini berarti bahwa suhu (TT) memiliki efek yang cukup besar pada IS dan model regresi linear dapat digunakan untuk memprediksi IS dari suhu (TT). Sedangkan untuk sifat mekanik baja paduan rendah lainnya, YS, UTS, RA, EL memiliki nilai *R-squared* yang rendah, yaitu sekitar 0.09, 0.027.

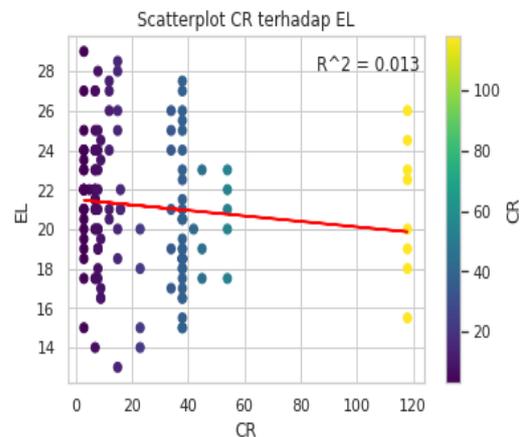
error pengukuran yang tidak ditangani dengan baik juga dapat mempengaruhi nilai *R-squared*.



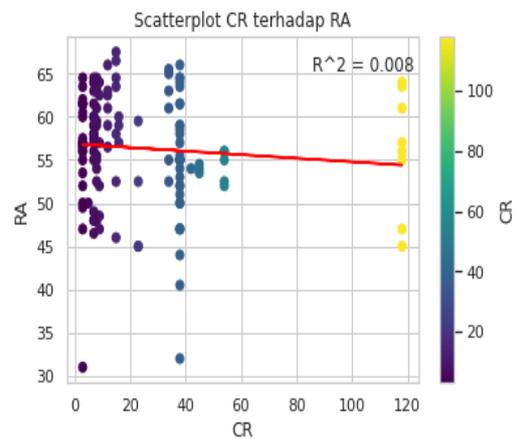
(a)



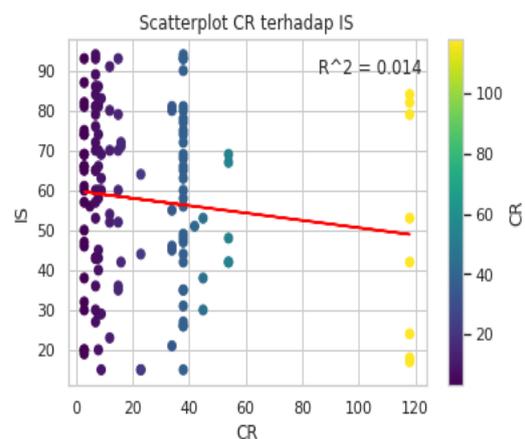
(b)



(c)



(d)



(e)

Hal ini menunjukkan bahwa model regresi linear yang digunakan tidak dapat menjelaskan variasi dari variabel dependen YS, UTS, RA, EL dengan baik. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan nilai *R-squared* yang rendah pada *Yield Strength* (YS), *Ultimate Tensile Strength* (UTS), *Reduction of Area* (RA), dan *Elongation* (EL), di antaranya adalah (1) variabel dependen tidak memiliki hubungan linier dengan variabel independen, (2) TT hanya merupakan faktor yang kecil dari banyak faktor yang mempengaruhi YS, UTS, RA, EL, (3) ukuran sampel yang kecil dapat menyebabkan varian yang tinggi dalam data, dan (4) faktor

**Gambar 7. Scatterplot YS (a), UTS (b), EL (c), RA (d), IS (e) terhadap hasil *R-squared***

Berdasarkan hasil *R-squared* yang Anda dapatkan, dapat dikatakan bahwa model regresi

linear antara *cooling rate* (CR) dan sifat mekanik baja paduan rendah tidak dapat menjelaskan variasi dari sifat mekanik baja paduan rendah dengan baik. Dari nilai *R-squared* yang didapatkan YS: 0.109, UTS: 0.064, EL: 0.013, RA: 0.008, IS: 0.014 sangat rendah dan hanya menyumbang sekitar 0.1% hingga 1.4% dari variasi sifat mekanik baja paduan rendah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *cooling rate* tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada sifat mekanik baja paduan rendah YS, UTS, EL, RA, IS. Namun, ini tidak berarti CR tidak memiliki pengaruh sama sekali, mungkin CR memiliki kontribusi yang lebih kecil dibandingkan faktor lain.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa *temperature temper* (TT) dan *cooling rate* (CR) memiliki pengaruh yang berbeda terhadap sifat baja paduan rendah. Analisis korelasi *Pearson*, regresi linear dan *R-squared* dapat digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara kedua *variabel independen* dengan *variabel dependen*. Namun perlu diingat bahwa hasil analisis ini hanya berlaku untuk data yang digunakan dalam penelitian ini, dan belum tentu tepat dengan data lain. Berikut ini adalah beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini :

1. Distribusi data baja paduan rendah menunjukkan bahwa *temperature temper* (TT) dan *cooling rate* (CR) memiliki distribusi data yang berbeda dan beragam.
2. Analisis korelasi *Pearson* menunjukkan bahwa TT dan CR memiliki hubungan yang berbeda dengan sifat mekanik baja paduan rendah. TT memiliki hubungan negatif yang lemah dengan *Yield Strength* (YS) dan *Ultimate Tensile Strength* (UTS), serta hubungan positif yang lemah dengan *Elongation* (EL), *Reduction of Area* (RA), dan *Impact Strength* (IS). Sedangkan CR memiliki hubungan positif yang sedang dengan YS, UTS, EL, RA dan IS.
3. Analisis regresi linear menunjukkan bahwa model matematika dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan antara TT atau CR dengan sifat mekanik baja paduan rendah. *Koefisien regresi linear* untuk TT menunjukkan bahwa

semakin tinggi TT, maka sifat mekanik baja paduan rendah YS dan UTS akan mengalami penurunan, sedangkan EL, RA dan IS akan meningkat. Sedangkan *koefisien regresi linear* untuk CR menunjukkan bahwa semakin tinggi CR, maka sifat mekanik baja paduan rendah YS, UTS, EL, RA dan IS juga akan meningkat.

4. Analisis *R-squared* menunjukkan bahwa model regresi linear dapat menjelaskan variasi dari sifat mekanik baja paduan rendah dengan baik untuk IS, sedang untuk YS, UTS, EL, dan RA variasi tidak terjelaskan baik oleh model. Dan visualisasi dengan *scatterplot* dapat membantu dalam menilai hubungan antara variabel independen dan dependen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, A. B., Fadllullah, A., Sumardi, S., Mahdi, S., & Juniar, A. N. (2022). Perhitungan Indeks Massa Tubuh Less Contact Berbasis Computer Vision dan Regresi Linear. *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 21(3), 629–638. <https://doi.org/10.30812/matrik.v21i3.1512>
- Adawiyah, R., Murdjani, & Hendrawan, A. (2014). Pengaruh perbedaan media pendingin terhadap struktur mikro dan kekerasan pegas daun dalam proses hardening. *Jurnal Poros Teknik*, 6(2), 55–102.
- ADRIANSYAH, Adriansyah; LENI, Desmarita; SUMIATI, R. (2022). Comparative analysis of energy-efficient air conditioner based on brand. *Polimesin*, 20(2), 121–127.
- Binudi, R., & Adjiantoro, B. (2018). PENGARUH UNSUR Ni, Cr DAN Mn TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA KEKUATAN TINGGI BERBASIS LATERIT. *Metalurgi*, 29(1), 33. <https://doi.org/10.14203/metalurgi.v29i1.269>
- D Leni, F Earnestly, R Sumiati, A Adriansyah, Y. K. (2023). Evaluasi sifat mekanik baja paduan rendah berdasarkan komposisi kimia dan suhu perlakuan panas menggunakan teknik exploratory data analysis (EDA). *Dinamika Teknik Mesin*,

- 13(1), 74–83.
- Di Mari, R., Ingrassia, S., & Punzo, A. (2023). Local and Overall Deviance R-Squared Measures for Mixtures of Generalized Linear Models. *Journal of Classification*, 233–266. <https://doi.org/10.1007/s00357-023-09432-4>
- Leni, D., & Sumiati, R. (2022). Perbandingan Algoritma Machine Learning Untuk Prediksi Sifat Mekanik Pada Baja Paduan Rendah. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(2), 167–174.
- Malinowski, P., Kasińska, J., Rutkowski, S., & Madej, M. (2022). Exploratory Data Analysis for the Evaluation of Tribological Properties of Wear-Resistant Surface Layers Modified with Rare-Earth Metals. *Materials*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/ma15062032>
- Reddy, N. S., Krishnaiah, J., Hong, S. G., & Lee, J. S. (2009). Modeling medium carbon steels by using artificial neural networks. *Materials Science and Engineering: A*, 508(1–2), 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2008.12.022>
- Sukardin, S., Dharmayanda, H. R., & Hidayati, S. W. (2023). PENGARUH APLIKASI E-LAPOR TERHADAP KINERJA APARATUR SIPIL NEGARA KOTA BIMA (Studi Kasus Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Kota Bima). *JISIP (Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan)*, 7(1), 346–355. <https://doi.org/10.58258/jisip.v7i1.4510>
- Trenggono, A., & Alfirano, A. (2016). Efek Parameter Laku Panas Terhadap Sifat Mekanis Baja Paduan Rendah Kekuatan Tinggi. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 12(1), 43. <https://doi.org/10.36055/tjst.v12i1.6615>