



ANALISIS STATISTIKA TERHADAP HASIL PERLAKUAN PANAS PENGERASAN GANDA PADA BAJA ST40 MENGGUNAKAN METODE T-TEST DAN REGRESI LINEAR BERGANDA

Muhammad ibrohim¹, Fauzi Widyawati^{2*}

^{1), 2,3)} Teknik Metalurgi, Fakultas Teknologi Lingkungan Dan Mineral, Universitas Teknologi Sumbawa

^{2*}fauzi.widyawati@uts.ac.id

ABSTRACT

Mild steel is a material used for construction and machine components, the advantages of Mild Steel are soft, relatively low hardness, easy to weld and can be carried out machining processes. The mechanical properties of steel play an important role in determining the maximum limit of mechanical properties and life time of the construction and components of the machine. In order to produce optimal low carbon steel hardness, experimental design is needed in order to obtain valid experiment results. Based on statistical analysis using the multiple linear regression sample t-test method. The research data were analyzed using statistical correlation and comparative analysis using SPSS 2016 software. The regression equation using quenchant water was $Y = 0.184 + 0.208x_1 - 0.057x_2$, with the F test value being $\text{sig} = 0.000 < 0.05$ with the coefficient of determination shown by R square = 0.593. The regression equation using oil quenchant is $Y = 0.164 + 0.125x_1 - 0.036x_2$, with the F test value being $\text{sig} = 0.000 < 0.05$ with the coefficient of determination shown by R square = 0.69. It can be concluded that the comparison of hardness values using quenchant water and oil obtained a significance level for the overall double hardening and tempering data > 0.05 in the sense that there is no significant difference in the hardness value of ST40 steel using water and oil cooling media.

Keywords: multiple regression, cooling medium, heat treatment, double hardening.

ABSTRAK

Mild steel merupakan bahan yang digunakan untuk konstruksi dan komponen-komponen mesin, kelebihan mild Steel lunak, kekerasan relatif rendah, mudah di las serta dapat dilakukan proses permesinan. Sifat mekanik dari baja sangat berperan penting untuk menentukan batas maksimal sifat mekanik dan umur (life time) dari konstruksi maupun komponen-komponen mesin. Agar menghasilkan kekerasan baja karbon rendah yang optimal diperlukan perancangan eksperimen agar memperoleh hasil eksperimen yang valid. Berdasarkan Analisa statistika menggunakan metode t-test sampel Regresi linear berganda. data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis statistika korelasi dan komparasi menggunakan software SPSS 2016. Persamaan regresi menggunakan quenchant air adalah $Y = 0.184 + 0.208x_1 - 0.057x_2$, dengan nilai uji F adalah $\text{sig} = 0.000 < 0.05$ dengan koefisien determinasi ditunjukkan oleh R square = 0.593. Persamaan regresi menggunakan quenchant oli adalah $Y = 0.164 + 0.125x_1 - 0.036x_2$, dengan dengan nilai uji F adalah $\text{sig} = 0.000 < 0.05$ dengan koefisien determinasi ditunjukkan oleh R square = 0.69. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbandingan nilai kekerasan menggunakan quenchant air dan oli didapatkan angka taraf signifikansi untuk keseluruhan data double hardening dan tempering > 0.05 dalam artian Tidak terdapat perbedaan secara signifikan nilai kekerasan baja ST40 menggunakan media pendingin air dengan oli.

Kata Kunci: Regresi ganda, perlakuan panas, media pendingin, pengerasan ganda.

1. PENDAHULUAN

Baja termasuk logam yang banyak digunakan dibidang industri, 95% dari produksi logam di dunia. Umumnya besi dan baja digunakan karena memenuhi standar teknis maupun ekonomis. Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur utamanya adalah besi dan karbon dan unsur lain adalah unsur penunjang. Baja dapat dibentuk

melalui pengecoran, pencaian atau penempaan. Dengan penambahan karbon serta variasi unsur paduan lainnya dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*), kekuatan tarik tetapi menjadikan logam menjadi getas dan menurunkan keuletan [1]. Baja ST40 adalah baja yang memiliki kekuatan tarik minimal 40 Kg/mm² dan maksimal mencapai 45 Kg/mm². Dengan komposisi karbon sebesar



0.025 – 0.25% berat. Adapun aplikasi baja ST 40 sebagai bahan pembuatan baut, ulir, mur, sekrup, alat pengangkat presisi, perkakas silinder[2]. Pada penelitian Dwiharsanti dkk., (2016)[3] tentang perancangan eksperimen baja karbon rendah hasil pack karburasi metode eksperimen faktorial, data kekerasan hasil proses berdistribusi normal dengan p-value 0.150 lebih besar dari taraf signifikansi 0.05, dengan model matematika $y = 50.32 - 3.313X_1$. Agar menghasilkan nilai kekerasan baja karbon rendah yang optimal diperlukan perancangan eksperimen untuk memperoleh hasil eksperimen yang valid. Hasil eksperimen yang baik akan dicapai apabila perancangan eksperimen dikembangkan secara statistika [4].

Hasil penelitian Ibnu Kurniawan,(2007)[5] perbedaan nilai kekerasan pada proses pengerasan ganda dengan media pendingin air dan oli SAE 20 pada baja karbon rendah, nilai kekerasan pengerasan 1 menggunakan media air lebih tinggi dibandingkan media oli. Pada penelitian ini belum dilakukan uji data menggunakan statistika, agar menghasilkan data nilai kekerasan baja karbon rendah yang lebih akurat setelah mengalami perlakuan panas maka dilakukan penelitian mengenai analisis statistika proses perlakuan panas pengerasan ganda pada baja ST40 menggunakan metode T-tes dan regresi linear berganda, harapannya dapat mengetahui faktor- faktor interaksi yang berpengaruh terhadap baja ST40 serta mengetahui data yang akurat berdasarkan bukti empiris pada nilai baja ST40.

Salah satu metode kimia dengan meningkatkan kekerasan dengan penambahan unsur karbon ke dalam logam. Sehingga kekerasan logam dapat meningkat, tetapi proses karburasi kurang menghasilkan kekerasan yang baik [6]. Pada hasil penelitian [2]. Analisa Queching pada baja karbon rendah dengan media solar menunjukkan Semakin tinggi variasi suhu Direct hardening, semakin menurun kekuatan impaknya, tetapi nilai kekerasan baja ST37 semakin meningkat. Pengaruh perbedaan variasi suhu hardening yang menggunakan quenchant solar tidak menunjukkan nilai kekerasan yang signifikan. Hasil penelitian S. Luthfianto, dkk pengaruh variasi media quenching terhadap sifat mekanik rantai elevator fruit kelapa sawit, menggunakan media quenchant antara lain: media oli, air laut dan air garam. Nilai kekerasan tertinggi menggunakan media air laut 10 liter, sebesar 326,24 HRB, pengaruh air laut dapat meningkatkan kekerasan baja ST60 [7].

Berdasarkan data yang telah dipaparkan, agar menghasilkan kekerasan baja karbon rendah yang Optimal setelah mengalami perlakuan panas. Maka diperlukan perancangan eksperimen yang dikembangkan secara statistik dan

diimplementasikan dengan benar [4]. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai analisa komparasi dan korelasi statistika terhadap data perlakuan panas pengerasan ganda baja ST40 menggunakan media pendingin air dan oli, harapannya dapat mengetahui faktor- faktor interaksi yang berpengaruh terhadap baja ST40 serta mengetahui suhu optimal untuk menghasilkan nilai kekerasan yang diinginkan pada baja ST40.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah memanaskan baja sampai suhu tertentu, kemudian diikuti dengan proses penahanan suhu pada kurun waktu tertentu dan diakhiri dengan proses pendinginan dengan laju tertentu untuk menghasilkan baja sesuai kebutuhan [11]. Nilai kekerasan baja dapat ditingkatkan, sehingga mampu potong dan tahan aus meningkat, atau baja dapat dilunakan untuk memudahkan dalam permesinan. Dengan perlakuan panas yang tepat, tegangan sisa dapat dihilangkan, mengubah ukuran butir-butir, meningkatkan ketangguhan serta mendapatkan permukaan yang keras tapi ulet pada bagian inti baja [1].

2.2 Karburasi

Karburasi adalah pengerasan permukaan pada material yang sudah ada sejak lama, besi dipanaskan diatas suhu A_{c1} , dalam lingkungan karbon, baik dalam padatan, cairan dan gas. Baja disaat suhu sekitar kritis memiliki afinitas terhadap karbon. Karbon akan terserap kedalam baja membentuk larutan padat dengan baja yang memiliki permukaan dengan kadar karbon tinggi. Jika holding time diperpanjang, karbon akan berdifusi lebih masuk kebagian dalam, tebal lapisan tergantung suhu dan holding time perlakuan [1].

2.3 Pengerasan Ganda

Pengerasan ganda adalah proses pengerasan bahan yang telah di karburasi, pada saat karburasi adanya perbedaan jumlah karbon pada permukaan dan inti dalam baja, perbedaan ini menghasilkan bahan hypoeutektoid pada inti baja dan hypereutektoid pada permukaan, perbedaan ini tidak menghasilkan kekerasan yang baik. Oleh karenanya harus dilakukan pengerasan ulang. Pemanasan pertama untuk memperbaiki bagian inti baja yang mengalami pemanasan berlebihan pada waktu proses karburasi. Ada dua tahap pada proses pemanasan ganda, tahap pertama pemanasan pada suhu 880 - 900 °C., dengan tujuan memperbaiki bagian inti benda kerja yang mengalami pemanasan yang berlebihan pada



waktu proses karburasi sehingga bagian inti lebih keras setelah proses pengerasan ganda. Adapun pemanasan kedua dilakukan pada suhu 760°C. dapat memperbaiki kekerasan yang tinggi pada permukaan dari hasil karburasi. Hasil pengerasan karburasi akan menghasilkan butiran yang halus, butiran yang halus akan memiliki sifat mekanik yang baik [5].

2.4 Regresi Berganda

Regresi ini digunakan untuk mengetahui linearitas hubungan dua atau lebih variabel independen dengan satuan variabel dependen serta digunakan untuk memprediksi harga variabel dependen jika harga-harga variabel independen diketahui. Serta peneliti menggunakan metode ini untuk mengetahui hubungan titik uji dan suhu perlakuan panas terhadap nilai kekerasan baja ST40. Teknik perbedaan rata-rata dapat diformulasikan pada rumus matematika sebagai berikut [8]:

Model Regresi : $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots$ (1)
 Fungsi Regresi : $Y_{bar} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots$ (2)

Dimana untuk Model Regresi β_0 adalah perpotongan data pada masing-masing data, β_1 adalah koefisien kemiringan parsial data X_1 , β_2 adalah koefisien kemiringan parsial data X_2 . Untuk Fungsi Regresi b_0 adalah konstanta, b_1 dan b_2 masing-masing koefisien regresi yang berkaitan dengan variabel X_1 dan X_2 . Nilai konstanta b_0 dan koefisiensi persamaan regresi b_1 dan b_2 diperoleh dari data sampel.

2.5 T-test Sampel

T-test atau Tes student “t” adalah analisa untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata kelompok sampel dengan rata-rata kelompok sampel yang lain. T-test digunakan, jika nilai rata-rata yang dibandingkan hanya dua kelompok. Maka dari itu peneliti menggunakan analisa komparasi menggunakan metode T-test, untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan menggunakan media pendingin air dan oli terhadap nilai kekerasan baja ST40 [9].

2.6 Media Pendingin

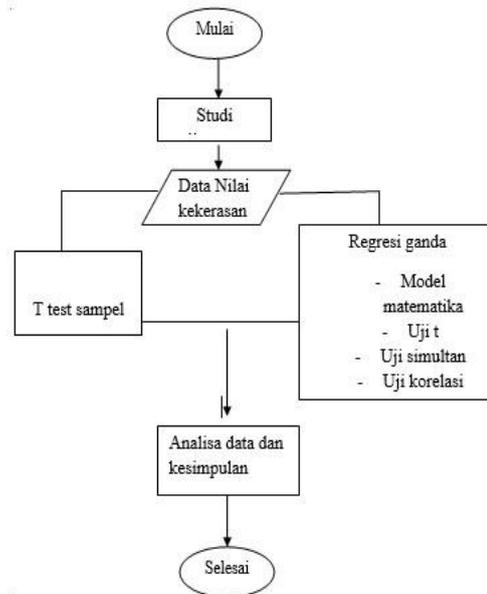
Mediapendingin merupakan proses perpindahan panas pendinginan dengan sangat cepat dari fasa austenit pada umumnya suhu antara 815°C - 870°C untuk material baja. Media pendingin yang biasa digunakan untuk proses quenching yaitu air, oli, larutan garam, dan udara. Media pendingin yang digunakan untuk proses quenching tergantung dari komposisi kimia baja yang diproses, kekerasan yang ingin dicapai, dan kompleksitas bentuk benda kerja. Jenis baja,

ketebalan penampang, dan sifat yang inding diperoleh dari benda kerja yang diproses menentukan metode atau cara quenching [10].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Analisis T-test menggunakan SPSS

Gambar 1 menunjukkan tahapan -tahapan



penelitian. Setelah melakukan pengamatan data nilai uji kekerasan yang telah dilakukan oleh Ibnu Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Kurniawan (2007) dengan metode uji keras mikro vicker. Kemudian, dilakukan analisis pengujian T-test sampel menggunakan software SPSS. Dalam pengujian ini terlebih dahulu dilakukan uji kesamaan variasi (uji F). dimana Langkah – Langkah dalam pngujian kesamaan variasi (uji F) yaitu:

1. Menentukan hipotesis, dimana H_0 = kedua varian adalah sama H_1 = kedua varian adalah tidak sama
2. Kriteria pengujian berdasarkan signifikansi. H_0 diterima jika p value > 0.05 H_0 ditolak jika p value < 0.05
3. Membandingkan signifikasi

Kemudian selanjutnya dilakukan pengujian T (T-Test), Adapun langkah – langkah dalam uji t adalah sebagai berikut:



1. Menentukan hipotesis
 H_0 = tidak ada perbedaan rata-rata kedua varian.
 H_1 = ada perbedaan rata-rata kedua varian.
2. Menentukan tingkat signifikansi Pengujian menggunakan uji dua sisi dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ atau tingkat kepercayaan 95%.
3. Menentukan t hitung dari tabel *t equal variance assumed* atau *equal variance not assumed*.
4. Menentukan t tabel
 Tabel distribusi t dicari pada $\alpha = 5\%: 2 = 2.5\%$. dengan derajat kebebasan (df) = $n - 2$. Hasil dapat dilihat pada t tabel dengan mencari jumlah df dengan signifikansi 0.025.
5. Kriteria pengujian
 H_0 diterima jika t hitung < t tabel
 H_0 ditolak jika -t hitung < -t tabel atau jika t hitung > t tabel.
 Berdasarkan probabilitas:
 H_0 diterima jika p value > 0.05
 H_0 ditolak jika p value < 0.05
6. Membandingkan t hitung dengan t tabel dan probabilitas.

3.2 Analisis Regresi Linear Berganda Menggunakan SPSS

Adapun langkah – langkah dalam Analisa regresi sebagai berikut:

1. Menulis model matematik regresi serta menjelaskan arti dari model matematik pada tabel koefisiensi.
2. Uji parsial
 - a. Menentukan hipotesis

- b. Menentukan tingkat signifikansi
- b. Mencari hitung pada tabel.
- c. Menentukan t tabel
- d. Kriteria pengujian
 H_0 diterima jika t hitung < t tabel
 H_0 jika -t hitung < -t tabel atau jika t hitung > t tabel.
- e. Membandingkan t hitung dengan t tabel dan probabilitas
- f. Kesimpulan

3. Uji simultan
 - a. Menentukan hipotesis
 - b. Menentukan tingkat signifikansi
 - c. Mencari F hitung pada tabel.
 - d. Menentukan F tabel
 - e. Kriteria pengujian
 H_0 diterima jika F hitung < F tabel
 H_0 ditolak jika - F hitung < - F tabel atau jika F hitung > F tabel.
 - f. Membandingkan F hitung dengan F tabel dan probabilitas
 - g. Kesimpulan.
4. Analisa korelasi ganda (R) untuk menjelaskan hubungan antara dua variabel pada output model summary terhadap angka R.
5. Menganalisa determinasi R² yang berfungsi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sampel T- Test

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan baja ST 40 yang dilakukan oleh Ibnu Kurniawan mengenai perbedaan nilai kekerasan pada proses double hardening dengan media pendingin air dan oli SAE pada baja karbon rendah dapat di lihat pada tabel 1. Setelah hasil intrepertasi data nilai kekerasan akan dilanjutkan uji T-test sampel, untuk mengetahui apakah memiliki kekerasan yang berbeda secara data antara media pendingin air dan oli berdasarkan bukti empiris.

Table 1 Nilai kekerasan baja ST40

Titik	Jarak dari tepi	Nilai kekerasan sampel VHN _{0,025} (kgf/mm ²)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	300	149,0	289,7	582,1	397,6	263,0	225,9	176,6	161,8	170,3	156,7	162,8	154,0
2	600	145,9	276,4	525,5	349,0	250,3	206,0	167,2	155,8	152,6	147,9	152,2	141,5
3	900	138,4	246,9	480,3	296,8	238,3	193,0	159,0	148,8	147,6	146,7	136,9	1362
4	1200	139,2	177,7	443,4	272,3	232,5	182,8	146,3	143,1	143,9	1415	133,6	134,0
5	1500	138,8	157,6	323,3	254,4	188,7	175,6	143,1	136,2	137,2	139,9	132,2	128,5
6	1800	138,2	136,9	229,1	216,8	166,2	165,3	137,7	133,6	134,4	138,8	129,8	1258



Volume 3 Nomor 2, Juli 2022						ISSN 2721-3188 (Online) ISSN 2721-3714 (Print)							
7	2100	136,9	125,7	192,0	192,9	155,8	153,9	134,4	129,1	131,2	126,4	127,7	122,0
8	2400	136,5	123,2	171,3	149,7	147,6	147,9	131,2	125,1	128,8	124,1	120,9	133,6
9	2700	135,5	121,9	160,4	142,3	139,9	137,8	130,1	122,8	125,4	121,9	116,2	101,3
10	3000	134,6	118,9	156,6	136,2	132,9	133,3	126,4	122,5	117,9	113,4	104,7	90,4
Rata-rata		139,3	177,4	326,4	240,8	191,5	172,2	145,5	137,9	138,9	135,73	131,7	124,7

Keterangan:

- A. Sampel awal
- B. Sampel hasil carburizing pada suhu 950°C.
- C. Sampel double hardening 1 pada suhu 900 °C media pendingin Air.
- D. Sampel double hardening 1 pada suhu 900 °C media pendingin Oli.
- E. Sampel double hardening 2 pada suhu 760°C media pendingin Air.
- F. Sampel double hardening 2 pada suhu 760 °C media pendingin Oli.
- G. Sampel Tempering 1 dengan suhu 180 °C pada media pendingin air.
- H. Sampel Tempering 1 dengan suhu 180°C pada media pendingin Oli.
- I. Sampel Tempering 2 dengan suhu 200°C pada media pendingin Air.
- J. Sampel Tempering 2 dengan suhu 200°C pada media pendingin Oli
- K. Sampel Tempering 3 dengan suhu 250 °C pada media pendingin Air.
- L. Sampel Tempering 3 dengan suhu 250 °C pada media pendingin Oli.



Pada suhu 900°C menggunakan media pendingin air dan media pendingin oli. Tingkat signifikansi menggunakan $\alpha = 5\% / 2 = 2.5\% = 0.025$ dengan $df = 13.806$ diperoleh untuk t hitung sebesar 1.429. Berdasarkan tabel diperoleh t tabel sebesar 2.160, nilai t hitung < t tabel ($1.429 < 2.160$). Oleh karena itu, nilai t hitung < t tabel maka H_0 diterima, dengan demikian, hipotesis yang diajukan teruji oleh data terjadi kekerasan terhadap media pendingin air dan oli tidak berbeda secara signifikan.

Pada suhu 760°C menggunakan media pendingin air dan media pendingin oli. Tingkat signifikansi menggunakan $\alpha = 5\% / 2 = 2.5\% = 0.025$ dengan $df = 14.841$ diperoleh untuk t hitung sebesar 1.05. Berdasarkan tabel diperoleh t tabel sebesar 2.145, nilai t hitung < t tabel ($1.05 < 2.145$). Oleh karena itu, nilai t hitung < t tabel maka H_0 diterima. Dengan demikian, hipotesis yang diajukan teruji oleh data terjadi kekerasan terhadap media pendingin air dan oli tidak berbeda secara signifikan.

Pada suhu 180°C menggunakan media pendingin air dan media pendingin oli. Tingkat signifikansi menggunakan $\alpha = 5\% / 2 = 2.5\% = 0.025$ dengan $df = 18$ diperoleh untuk t hitung sebesar 1.049. Berdasarkan tabel diperoleh t tabel sebesar 2.100, nilai t hitung < t tabel ($1.049 < 2.100$). Oleh karena itu, nilai t hitung < t tabel, maka H_0 diterima. Dengan demikian, hipotesis yang diajukan teruji oleh data terjadi kekerasan terhadap media pendingin air dan oli tidak berbeda secara signifikan. dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan terhadap suhu tempering 180°C menggunakan media pendingin air dengan oli.

Pada suhu 200°C menggunakan media pendingin air dan media pendingin oli. Tingkat signifikansi menggunakan $\alpha = 5\% / 2 = 2.5\% = 0.025$ dengan $df = 18$ diperoleh untuk t hitung sebesar

0.495. Berdasarkan tabel diperoleh t tabel sebesar 2.100, nilai t hitung < t tabel ($0.495 < 2.100$). Oleh karena itu, nilai t hitung < t tabel, maka H_0 diterima. Dengan demikian, hipotesis yang diajukan teruji oleh data terjadi kekerasan terhadap media pendingin air dan oli tidak berbeda secara signifikan. dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan terhadap suhu Tempering 200°C menggunakan media pendingin air dengan oli.

Pada suhu 250°C menggunakan media pendingin air dan media pendingin oli. Tingkat signifikansi menggunakan $\alpha = 5\% / 2 = 2.5\% = 0.025$ dengan $df = 18$ diperoleh untuk t hitung sebesar 0.872. Berdasarkan tabel diperoleh t tabel sebesar 2.100, nilai t hitung < t tabel ($0.872 < 2.100$). Oleh karena itu, nilai t hitung < t tabel,



maka H_0 diterima. Dengan demikian, hipotesis yang diajukan teruji oleh data terjadi kekerasan terhadap media pendingin air dan oli tidak berbeda secara signifikan. dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan terhadap suhu tempering 250°C menggunakan media pendingin air dengan oli.

4.2 Regresi linear berganda

Regresi bertujuan menjelaskan apakah ada hubungan suhu dan jarak titik uji terhadap nilai kekerasan, mengetahui model matematika serta intrepertasi hubungannya, persentasi pengaruh suhu dan titik uji terhadap nilai kekerasan. Model matematika:

Air : $Y = 184 + 0,208x_1 - 0.057x_2$

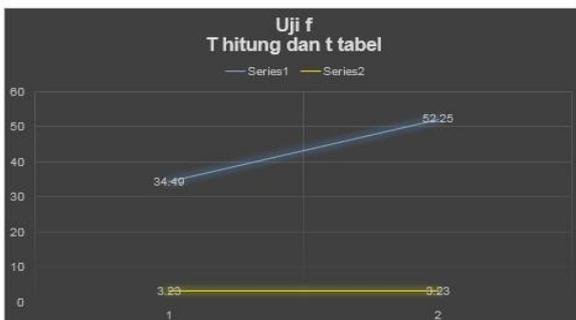
Oli : $Y = 164 + 0,125x_1 - 0.036x_2$

Dimana Y adalah nilai kekerasan sedangkan variabel X1 adalah variabel suhu dan X2 adalah variabel jarak titik uji.



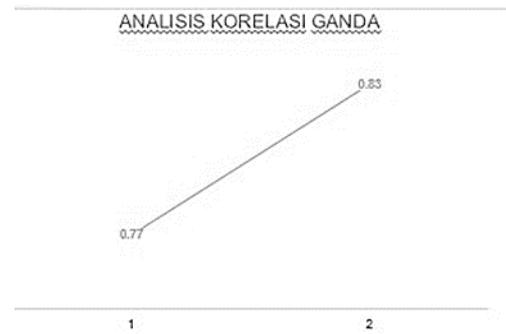
Gambar 4 Uji parsial suhu pada media pendingin air dan oli

Berdasarkan uji parsial pada variabel suhu perbandingan antara media pendinginan air dan oli. Diperoleh t hitung sebesar 6.584, nilai t hitung > t tabel (6.584 > 2.021) menggunakan media air. Sedangkan untuk media pendingin oli, diperoleh t hitung sebesar 7.946, nilai t hitung > t tabel (7.946 > 2.021).



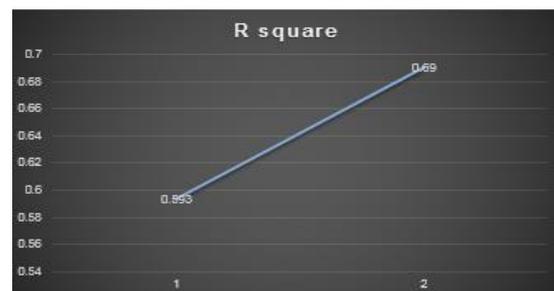
Gambar 5 Uji F pada media pendingin air dan oli.

Dari analisis yang disarikan grafik uji F diatas diperoleh, harga statistika, yaitu $F_{hit} = 34.219$, dan $p - value = 0.000 < 0.05$ atau H_0 ditolak. Artinya terdapat pengaruh posisi titik uji dan suhu terhadap nilai kekerasan media media pendingin air. Sedangkan menggunakan media pendingin oli harga statistika F, kolom ke 5, yaitu $F_{hit} = 52.228$, dan $p - value = 0.000 < 0.05$ atau H_0 ditolak. Artinya terdapat pengaruh posisi titik uji dan suhu terhadap nilai kekerasan.



Gambar 6 Uji determinasi pada media pendingin air dan oli.

Pada grafik diatas diperoleh angka R menggunakan media pendingin air = 0.770. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang kuat antara suhu dan jarak titik uji terhadap nilai kekerasan. Sedangkan menggunakan media pendingin oli diperoleh angka angka R = 0.830. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang sangat kuat antara suhu dan jarak titik uji terhadap nilai kekerasan.



Gambar 7 Uji R square pada media pendingin air dan oli.

Pada grafik diatas diperoleh angka R square menggunakan media pendingin air sebesar = 0.593. yang mengandung makna bahwa 59.3% nilai kekerasan menggunakan media pendingin air dapat dipengaruhi oleh titik uji dan suhu. Sedangkan menggunakan media pendingin oli didapatkan angka R square = 0.69. yang mengandung makna bahwa 69% nilai kekerasan



menggunakan media pendingin oli dapat dipengaruhi oleh titik uji dan suhu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu perlakuan panas dan titik uji terhadap nilai kekerasan baja ST40 menggunakan media pendingin oli sebesar 69%.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian tentang analisis statistika proses perlakuan panas pengerasan ganda pada baja ST40 menggunakan metode T-tes dan Regresi linear berganda. Dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan memperhatikan data hasil pengujian kekerasan serta pengolahan data menggunakan statistika didapatkan bahwa perbandingan nilai kekerasan menggunakan media pendingin air dan oli didapatkan angka taraf signifikansi untuk keseluruhan data pemanasan ganda dan tempering > 0.05 dalam artian Tidak terdapat perbedaan secara signifikan nilai kekerasan baja ST40 menggunakan media pendingin Air dengan Oli.
2. Model matematika untuk media air $Y = 184 + 0.208x_1 - 0.057x_2$ dan Model matematika untuk media oli $Y = 164 + 0.125x_1 - 0.036x_2$. Dengan x_1 menyatakan suhu dan x_2 titik uji mempengaruhi nilai kekerasan. Sedangkan koefisien determinasi ditunjukkan oleh R square = 0.593. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu perlakuan panas dan titik uji terhadap nilai kekerasan baja ST40 menggunakan media pendingin air sebesar 59.3%. Sedangkan koefisien determinasi untuk media pendingin ditunjukkan oleh R square = 0.69. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu perlakuan panas dan titik uji terhadap nilai kekerasan baja ST40 menggunakan media pendingin oli sebesar 69%.

REFERENSI

- [1] Djaprie, Sriati.1993. Teknologi mekanik edisi ketujuh. Jakarta: Erlangga.

- [2] Purwanto, H. 2012. Diktat material teknik. Fakultas teknik. Universitas wahid hasyim. Semarang.
- [3] M.Dwiharsanti, W. S. Jaman, and S. Virdhian, "Perancangan Eksperimen Baja Karbon Rendah Hasil Proses Pack Carburizing Dengan Metode Eksperimen Faktorial," *J. Ris. Ind. Vol.*, vol. 10, no. 2, pp. 92–97, 2016.
- [4] Connie M. Borrer, *The Certified Quality Engineer Handbook - Third Edition*. 2008. [Online]. Available: https://books.google.com/books?id=Pn_aVZnuHLsC&pgis=1.
- [5] Ibnu, Karuniawan. 2007. Tugas Akhir: Perbedaan nilai kekerasan pada proses double hardening dengan media pendingin air dan oli sae20 pada baja karbon rendah. Fakultas teknik. Semarang. UNS.
- [6] Palallo, Frederick. 1995. Perlakuan Panas Logam. Bandung: PPG Teknologi Bandung.
- [7] S. Luthfianto, Z. A. Suprayogi, and D. Samyono, "Pengaruh Variasi Media Quenching Terhadap Sifat Mekanis Rantai Elevator Fruit Kelapa Sawit," *JST (Jurnal Sains dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, pp. 0–9, 2017, doi: 10.23887/jstundiksha.v6i1.9396.
- [8] Kadir, M.Pd,Dr.2015. Statistika Terapan Kosep, Contoh dan Analisis Data dengan Program SPSS/Lisrel dalam Penelitian. Jakarta: rajagrafindo persada.
- [9] Rusydi, dkk. 2018. Statitik Pendidikan. Medan: CV. widya puspita.
- [10] Dwiaji, Y. C., & Utama, D. M. (2020). Analisis Efisiensi Boiler Terhadap Pola Pengoperasian Sootblower Di Pltu Suralaya. *Jurnal Simetrik*, 10(1), 308. <https://doi.org/10.31959/js.v10i1.359>.
- [11] ASM Metals Handbook. 2005: Metallography and microstructures, Asm Internasional.