



PENGARUH VARIASI MEDIA PELAPIS TERHADAP PEMOTONGAN AKRILIK TRANSPARAN DENGAN PROCUT DIODE 15 WATT

THE IMPACT OF COATING MEDIA VARIATIONS ON CUTTING TRANSPARENT ACRYLIC WITH A 15-WATT DIODE PROCUT

Della Dwi Friatinia¹⁾, Sairul Effendi²⁾, Almadora Anwar Sani³⁾

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia
email: dellafriatinia@gmail.com¹⁾, seffendi@gmail.com²⁾, almadora@polsri.ac.id³⁾

Received:
3 September
2024

Accepted:
23 Desember
2024

Published:
28 Desember
2024



Abstrak

Mesin laser cutting merupakan alat yang banyak digunakan dalam industri untuk memotong berbagai jenis material. Salah satu material yang sering dimanfaatkan adalah akrilik, yang dapat dipotong menggunakan mesin laser cutting dengan jenis CO₂. Namun, mesin ini memiliki kelemahan berupa harga yang cukup mahal. Sebagai alternatif, laser cutting diode menawarkan solusi yang lebih ekonomis, meskipun efektivitasnya pada akrilik, terutama yang transparan, masih perlu dibuktikan. Modul laser diode diketahui mampu memotong material seperti kertas, kayu, bambu, kulit, dan plastik. Kemudian berdasarkan hasil *pre-test* menunjukkan bahwa cahaya laser tidak menghasilkan efek pemotongan pada akrilik transparan karena cahaya laser menembus material tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode pelapisan dalam memotong akrilik transparan dengan laser diode serta menentukan parameter optimal. Tiga jenis media pelapis yang digunakan adalah kertas, lakban, dan papan MDF hitam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akrilik dapat terpotong maksimal menggunakan pelapis kertas dengan parameter terbaik yaitu persentase intensitas daya 90%, kecepatan potong 6 mm/menit, dan dua kali pengulangan. Temuan ini memberikan solusi ekonomis untuk pemotongan akrilik transparan menggunakan mesin laser cutting diode.

Kata Kunci: laser cutting, laser diode, cutting speed, *depth of cut*, akrilik transparan

Abstract

Laser cutting machines are widely utilized in various industries for cutting diverse materials. One commonly used material is acrylic, which is typically processed using CO₂ laser cutting machines. However, such machines have the drawback of being relatively expensive. As an alternative, diode laser cutting machines offer a more cost-effective solution, although their effectiveness on acrylic, particularly transparent acrylic, remains to be thoroughly validated. Diode laser modules are known to cut materials such as paper, wood, bamboo, leather, and plastics. Preliminary tests indicate that the laser beam does not produce cutting effects on transparent acrylic due to its ability to pass through the material. This study aims to evaluate the effectiveness of coating methods in cutting transparent acrylic using diode lasers and to identify the optimal

parameters. Three types of coating media were used: paper, adhesive tape, and black MDF board. The results show that transparent acrylic can be successfully cut using a paper coating, with the optimal parameters being a power intensity of 90%, a cutting speed of 6 mm/min, and two repetitions. These findings provide an economical solution for cutting transparent acrylic using diode laser cutting machines.

Keywords: laser cutting, diode laser, cutting speed, depth of cut, transparent acrylic

DOI:10.20527/sjmekinematika.v9i2.404

How to cite: Friatinia, D. D., Effendi, S., & Sani, A. A., "Pengaruh Variasi Media Pelapis Terhadap Pemotongan Akrilik Transparan dengan Procut Diode 15 Watt". *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 9(2), 200-213, 2024.

PENDAHULUAN

Laser cutting merupakan teknologi yang menggunakan laser untuk memotong suatu bahan[1]. Di masa ini sudah banyak industri yang melakukan kegiatan produksi dengan mesin untuk mempercepat proses pengerjaan dibanding secara manual[2]. CNC *laser cutting* banyak digunakan khususnya pada industri kreatif, seperti untuk membuat rak kosmetik dari akrilik, *box* penyimpanan dari kayu, kotak mahar, plakat, dan lain-lain. Mesin ini banyak digunakan karena teknologinya memberikan kemudahan dalam memotong, dengan waktu yang cepat, bisa memotong bentuk yang rumit, minim tenaga, hasilnya minim tatal, serta produk yang dihasilkan presisi. Mesin CNC *Laser Cutting* sendiri memiliki banyak jenis, salah satu yang banyak digunakan adalah Laser CO₂, dengan ukuran dimensi yang besar namun harganya mahal[3]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dibuat mesin *laser cutting* yang berukuran kecil sehingga bisa portabel, serta harga yang murah karena menggunakan diode laser[4].

Dalam penelitian ini digunakan mesin *Procut Diode* dengan *laser head* 5.5 Watt dan hasil pengukuran daya maksimal setelah dirakit adalah 15 Watt. Laser yang digunakan menggunakan sinar *blue laser* dengan panjang gelombang 450 nm, jenis laser ini dapat digunakan untuk memotong dan menggrafir material kertas, kayu, bambu, kulit dan plastik, sementara untuk jenis bahan lainnya masih diperlukan pengujian. Menurut Sugiyono, Variabel penelitian merupakan sifat, atribut, atau nilai tertentu dari individu, aktivitas, atau objek yang memiliki variasi tertentu dan ditentukan oleh peneliti untuk dianalisis serta diambil kesimpulannya[5]. Penelitian ini menggunakan dua jenis variabel yang berbeda, yaitu variabel bebas yang meliputi *cutting speed* dan persentase intensitas daya, serta variabel terikat berupa nilai *depth of cut*. Terlebih dahulu dilakukan *pre-test* terhadap pemotongan material akrilik transparan sebelum melakukan penelitian ini, dan didapati hasilnya bahwa akrilik transparan tidak dapat terpotong dengan jenis laser ini, karena cahayanya menembus akrilik yang transparan. Untuk memotong material akrilik transparan menggunakan jenis mesin ini, dilakukan penelitian dengan menerapkan variasi media pelapis berupa kertas, lakban, dan papan MDF hitam. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak masing-masing media pelapis terhadap nilai *depth of cut* serta menentukan media yang memiliki pengaruh paling signifikan. Serta untuk mendapatkan parameter pemotongan terbaik.

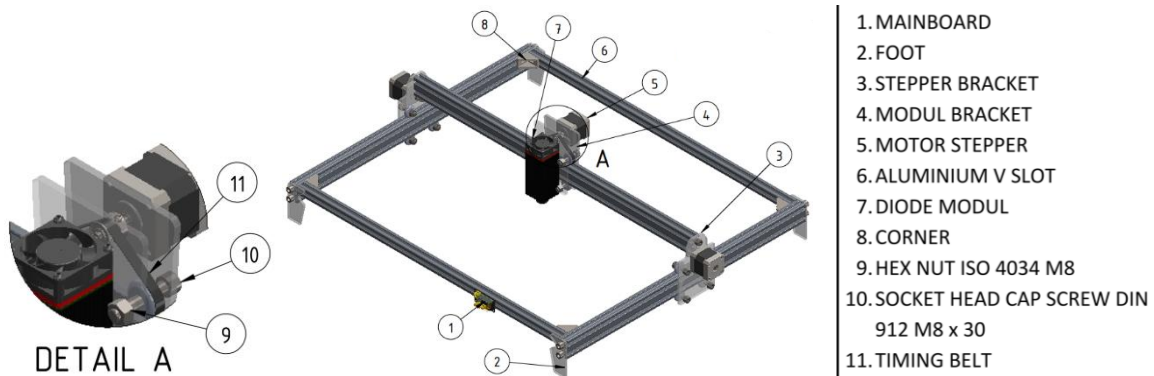
METODE PENELITIAN

Alur Proses Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur dengan membaca berbagai referensi baik secara *offline* melalui buku-buku, maupun *online*. Didapat spesifikasi bahwa modul laser ini dapat memotong berbagai material, namun untuk akrilik transparan sendiri masih diperlukan pemuktian, sehingga dilakukan *pre-test* untuk mengetahui apakah modul

laser ini dapat memotong akrilik transparan atau tidak. Hasil *pre-test* menunjukkan bahwa akrilik transparan tidak terpotong sama sekali, karena cahaya laser menembus akrilik. Sehingga dirumuskan masalah dan tujuan penelitian ini untuk mencari tahu pengaruh penggunaan media pelapis dalam pemotongan akrilik transparan serta parameter pemotongan terbaik. Proses eksperimen dilakukan dua tahap, yakni eksperimen pertama dengan melakukan pemotongan akrilik menggunakan tiga jenis media pelapis, yakni kertas, *lakban* yang keduanya ditempelkan secara langsung pada akrilik transparan secara bolak balik (sisi depan dan belakang) dan yang terakhir hanya menggunakan pelapisan berupa alas papan MDF hitam. Eksperimen pertama mengamati penggunaan media pelapis mana yang memberikan hasil kedalaman pemotongan (*depth of cut*) yang paling dalam dan optimal. Selanjutnya eksperimen kedua dilakukan dengan menggunakan media pelapis yang paling optimal dari eksperimen sebelumnya untuk mencari tahu arah pengaruh dari masing-masing variabel *cutting speed* dan *range* persentase intensitas (1-255) daya dimana digunakan analisis regresi linier berganda. Kemudian untuk mengetahui parameter pemotongan terbaik dilakukan dengan pemeringkatan dengan mempertimbangkan faktor waktu pengerjaan secepat mungkin, kemudian faktor yang kedua adalah persentase intensitas daya sekecil mungkin, sehingga minim usaha dan waktu pengerjaan cepat.

Desain Alat Penelitian



Gambar 1. Desain alat procut diode 15 watt

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin dengan nama PROCUT DIODE 15 Watt. Alat ini memiliki dimensi 73x63x15 cm, dengan luas area kerja sebesar 50x65 cm. Desain alat dapat dilihat pada Gambar 1. Mesin ini dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi procut diode 15 watt

Dimensi	72x63x15 cm
Luas area kerja	65x50 cm
<i>Input Voltage</i>	DC 12 V
<i>Laser power</i>	5500 mW
<i>Operating temperature</i>	-10° C sampai 45°C
<i>Cutting speed</i>	1-800 mm/min
<i>Intensity range</i>	1-255
Warna dioda laser	Biru
Panjang gelombang dioda laser	450 nm

Komponen alat ini terdiri atas *mainboard*, komponen *support* struktur (*foot*, *modul bracket* dan *corner*), *motor stepper* Oukeda 17HS4401 Nema 17, aluminium v slot, modul diode 5.5 Watt, *hex nut* ISO 4034 M8, *socket head cap screw* DIN 912 M8X30 dan *timing belt*.

Alat-alat Penelitian

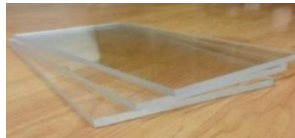
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa peralatan berupa mesin Procut Diode 15 Watt, jangka sorong untuk mengukur kedalaman hasil pemotongan (*depth of cut*), *software solidworks* untuk membuat desain garis pemotongan, kacamata untuk melindungi mata dari pancaran radiasi sinar laser selama proses pemotongan, *software benbox* untuk mengatur parameter dan desain pemotongan yang diinputkan ke mesin, serta *software IBM SPSS* untuk menganalisa data statistik.



Gambar 2. Mesin procut diode 15 watt

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup beberapa komponen berikut, lembaran akrilik transparan bermerk MC® yang diproduksi oleh PT Marga Cipta, dengan ketebalan 2 mm berukuran 3x4 cm. Kemudian untuk media pelapis yang digunakan diantaranya menggunakan papan MDF hitam setebal 1.5 cm, dan solasi hitam *lakban* merek Nachi dengan ketebalan 47 micron. Sementara media kertas langsung diambil dari kertas yang sudah melapisi akrilik dari pabrik tempat produksinya.



Gambar 3. Lembaran akrilik transparan



Gambar 4. Berbagai media pelapis akrilik transparan

Tempat Penelitian

Penelitian dimulai dari awal sampai akhir dilakukan di Laboratorium CNC jurusan Teknik Mesin, kampus Bukit Besar Palembang, Politeknik Negeri Sriwijaya.

Pre-Test

Sebelum melakukan eksperimen, peneliti terlebih dahulu melakukan *pre-test*, yakni melakukan pemotongan akrilik transparan dengan mesin Procut ini dengan alas keramik putih. Akrilik yang digunakan adalah akrilik transparan dengan ketebalan 2 mm berukuran 10x5 cm. Dilakukan eksperimen dengan berbagai variasi parameter persentase intensitas daya hingga 100% dan *cutting speed* hingga yang paling lambat. Namun akrilik tidak tepotong sama sekali dan tidak meninggalkan goresan sama sekali. Selama proses pemotongan, cahaya yang keluar dari laser menembus akrilik transparan. Hasil dari eksperimen pemotongan terhadap akrilik transparan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil pemotongan pada akrilik transparan

Metode Analisis Data

Untuk menganalisis pengaruh variasi kecepatan potong (*cutting speed*) dengan berbagai media pelapis terhadap nilai *depth of cut* untuk mengetahui media pelapis paling optimal, maka perlu dilakukan analisis data dengan melakukan uji T. Uji T diterapkan untuk mengevaluasi pengaruh parsial Hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat[6]. Pengambilan keputusan dalam uji ini didasarkan pada perbandingan antara Nilai T hitung dibandingkan dengan T tabel. Jika T hitung bernilai positif dan lebih besar dari T tabel, maka variabel bebas memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat (H_a). Sebaliknya, jika T hitung lebih kecil dari T tabel, variabel bebas dianggap tidak memengaruhi variabel terikat (H_o). Apabila T hitung bernilai negatif, maka jika T hitung lebih kecil dari -T tabel, variabel independen dianggap memengaruhi variabel dependen (H_a). Namun, jika T hitung lebih besar dari -T tabel, maka dapat disimpulkan bahwa variabel bebas tidak memengaruhi variabel terikat (H_o)[6]. Nilai T hitung dapat dilihat langsung pada tabel koefisien dari hasil analisis data. Nilai T tabel dihitung menggunakan formula berikut:

$$T \text{ tabel} = (t_{\alpha/2}) ; n - k - 1 [7] \quad (1)$$

Dimana α merupakan nilai taraf signifikansi yangmana dalam penelitian ini menggunakan 5%, sehingga nilainya adalah 0.05. n adalah jumlah data dan k adalah jumlah variabel independen. Kemudian hasil dilihat pada tabel distribusi T yang terdapat di lampiran. Bagian horizontal dilihat dari kolom merupakan pembilang, dan bagian vertikal dilihat dari baris adalah penyebut. Dalam uji T ini, akan ditemui beberapa nilai yang digunakan, diantaranya adalah *Unstandarized beta coefficients*. *Unstandarized beta coefficients* dalam uji T adalah parameter dalam regresi linear yang mengukur besarnya perubahan pada variabel dependen (Y) akibat perubahan satu unit pada variabel independen (X), dengan asumsi variabel lain dalam model tetap konstan. Koefisien ini diukur dalam satuan asli variabel independen, sehingga interpretasinya bersifat kontekstual terhadap skala data[8]. Setelah diketahui apakah masing-masing variasi media pelapis memiliki pengaruh atau tidak terhadap hasil pemotongan, maka dilanjutkan dengan membuat grafik agar terlihat jelas perbandingan nilai hasil pemotongan.

Untuk mengetahui bagaimana variasi parameter kecepatan dan persentase intensitas daya memengaruhi nilai *depth of cut* pada media pelapis yang paling optimal, dilakukan analisis regresi linier berganda. Analisis ini dilakukan untuk menguji dampak dari dua atau lebih variabel bebas terhadap satu variabel terikat, dengan asumsi bahwa hubungan antara variabel terikat dan masing-masing prediktor bersifat linier[9]. Dalam eksperimen ini, pengolahan data pada uji regresi linier berganda melibatkan empat jenis uji, yaitu uji asumsi klasik, uji T, uji F, dan uji koefisien determinasi, hingga diperoleh persamaan determinasinya. Uji asumsi klasik dilakukan untuk menguji hipotesis nilai parameter modal, Pengujian asumsi klasik melibatkan tiga jenis tes utama. Pertama adalah uji normalitas, Sulistyanto mengungkapkan bahwa uji normalitas bertujuan memastikan apakah data yang distandardisasi mengikuti distribusi normal atau tidak[10]. Salah satu metode uji normalitas adalah uji *Kolmogorov-Smirnov*, yaitu dengan memeriksa nilai *Asymp. Sig* pada tabel *one-*

sample Kolmogorov-smirnov Test, jika nilai signifikansi lebih besar dari 0.05, maka dapat dinyatakan bahwa data berdistribusi normal, begitu juga sebaliknya. Uji multikolinearitas, menurut Ghazali, dilakukan untuk mendeteksi apakah terdapat hubungan antar variabel independen dalam data. Jika variabel-variabel tersebut tidak orthogonal atau saling berkorelasi, maka data tidak dapat dianalisis menggunakan model regresi[11]. Cara melakukan uji multikolinearitas adalah dengan memeriksa *tolerance value* dan nilai VIF pada tabel koefisien. Jika *tolerance value* kurang dari 0.10 atau VIF lebih dari 10, maka terdapat indikasi multikolinearitas, begitu juga sebaliknya. Model penelitian yang baik adalah yang tidak mengalami multikolinearitas. Terakhir, uji heteroskedastisitas yang dilakukan untuk mendeteksi apakah model regresi mengalami bias akibat varian data yang tidak konsisten. Estimasi model dapat menjadi sulit jika dalam suatu model regresi terjadi bias atau penyimpangan karena varian data yang tidak konsisten[12]. Ghazali menyebutkan dua cara untuk mendeteksi gejala heteroskedastisitas, yaitu melalui grafik *scatterplot* atau dengan membandingkan nilai prediksi variabel dependen (SRESID) dan residual error (ZPRED). Berdasarkan analisis grafik *scatterplot*, jika pola tertentu tidak terlihat dan data tersebar acak di atas dan di bawah sumbu Y nol, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat gejala heteroskedastisitas. Model penelitian yang ideal adalah model yang bebas dari gejala heteroskedastisitas[12].

Untuk mengukur pengaruh simultan variabel bebas terhadap variabel terikat, digunakan uji F. Uji F juga berfungsi untuk menilai apakah model regresi yang dibangun cukup baik dan signifikan[6]. Pengambilan keputusan berdasarkan uji ini adalah Jika nilai signifikan kurang dari 0,05 atau F hitung lebih besar dari F tabel, maka *cutting speed* (X_1) dan persentase intensitas daya (X_2) memiliki pengaruh simultan terhadap *depth of cut* (Y) (H_a). Sementara jika nilai Sig. > 0.05 atau F hitung < F tabel, maka *cutting speed* (X_1) dan persentase intensitas daya (X_2) tidak memiliki pengaruh simultan terhadap *depth of cut* (Y) (H_o)[13].

Untuk mendapatkan nilai F hitung dapat langsung dilihat pada tabel anova hasil analisa data. Sementara untuk mendapatkan nilai F tabel maka dapat dicari dengan rumus berikut:

$$F \text{ tabel} = \text{pembilang} ; \text{penyebut} = k; n - k \quad (2)$$

Dimana n merupakan jumlah data dan k adalah jumlah variabel independen. Kemudian hasil dilihat pada tabel distribusi F di bagian lampiran. Bagian horizontal dilihat dari kolom merupakan pembilang, dan bagian vertikal dilihat dari baris adalah penyebut.

Selanjutnya, uji koefisien determinasi (*R square*) digunakan untuk mengukur sejauh mana variabel independen memberikan kontribusi terhadap variabel dependen, dengan catatan bahwa hasil uji F harus menunjukkan nilai yang signifikan[7]. Untuk pengujian dengan menggunakan aplikasi IBM SPSS, maka nilai *R Square* dapat dilihat pada tabel *model summary*. Setelah itu, akan didapatkan nilai koefisien regresi yang memiliki persamaan sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \quad (3)$$

Dimana Y adalah variabel dependen yang mana dalam penelitian ini merupakan nilai *depth of cut*. A adalah konstanta, nilai ini didapat pada tabel koefisien, *unstandarized beta coefficients* pada baris *constant*. b_1b_2 adalah koefisien regresi yang didapat pada tabel koefisien, *unstandarized beta coefficients* pada baris intensitas daya dan *cutting speed*. Kemudian X_1 adalah variabel independen (persentase intensitas daya) dan X_2 adalah variabel independen (*cutting speed*). Kemudian akan didapat parameter terbaik. Aplikasi IBM SPSS digunakan dalam penelitian ini untuk mempermudah perhitungan statistik.

Pelaksanaan Penelitian

Dalam proses pelaksanaan penelitian diawali dengan membuat desain garis pemotongan menggunakan *software solidworks* dengan ukuran sepanjang 35mm. Kemudian desain diinputkan ke *software benbox* untuk mengatur parameter uji, dan desain langsung diinputkan ke mesin laser cutting diode. Sebelum melakukan proses permesinan, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi terhadap *laser head* hingga hasil *test laser* berbentuk titik kecil dan tidak berbentuk lonjong. Selanjutnya spesimen uji diletakkan di bawah *laser head* dan proses permesinan dapat dimulai dengan klik tombol *start* pada aplikasi *benbox*. Setelah proses pemotongan selesai, langkah berikutnya adalah mengukur kedalaman pemotongan (*depth of cut*) menggunakan jangka sorong. Hasil pengukuran tersebut kemudian dicatat dan dianalisis lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Media Pelapis yang Paling Optimal

Eksperimen pertama dilakukan dengan menggunakan tiga variasi media pelapis yakni kertas, lakban dan alas papan MDF hitam. Eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi media pelapis terhadap nilai *depth of cut* serta material mana yang memberikan pengaruh paling besar (paling optimal).

1. Hasil Pengujian

Tabel 3 menunjukkan data hasil eksperimen pemotongan akrilik transparan dengan variasi *cutting speed* dan ketiga jenis media pelapis terhadap nilai *depth of cut*.

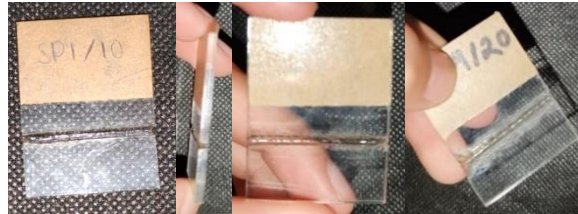
Tabel 3. Rata-rata nilai *depth of cut* dengan media pelapis kertas, lakban, dan alas papan MDF hitam

No	Intensitas Daya (%)	Cutting Speed mm/min	Rata-rata Nilai <i>Depth of cut</i>		
			Kertas	Solasi hitam (lakban)	Papan MDF hitam
1	95	10	0.814	0.502	0.544
2	95	15	0.565	0.445	0.38
3	95	20	0.335	0.329	0.32
4	95	25	0.251	0.249	0.204
5	95	30	0.225	0.223	0.178
6	95	35	0.219	0.223	0.163
7	95	40	0.208	0.206	0.129
8	95	45	0.306	0.202	0.126
9	95	50	0.183	0.176	0.126
10	95	55	0.155	0.097	0.138



Gambar 6. Hasil pemotongan dengan media pelapis kertas

Dari gambar 6 terlihat bahwa hasil fisik pemotongan menggunakan media pelapis kertas meninggalkan bekas garitan yang cukup besar berwarna kuning kegelapan dan kasar. Kemudian pemakanan hasil pemotongan terjadi pada permukaan depan dan belakang. Selama proses pemotongan saat menggunakan persentase intensitas daya tinggi dengan *cutting speed* yang semakin lambat, akan terdengar suara seperti terbakar, dan yang terbakar adalah kertasnya, namun tidak sampai mengeluarkan api. Makin lambat *cutting speed* maka akan semakin terdengar suara terbakar.



Gambar 7. Hasil pemotongan dengan media pelapis lakban

Hasil fisik pemotongan menggunakan media pelapis lakban meninggalkan bekas garitan yang cukup lebar dibandingkan kertas, serta kasar. Setelah lakban dikelupas, bekas pemotongan tidak terlalu berwarna kuning gelap. Pemakanan terjadi hanya dibagian atas saja, namun bagian bawah tidak terjadi pemakanan. Bahan lakban ini mudah terbakar, sehingga pada saat pemotongan harus sembari dikipas agar tidak terjadi kebakaran. Karena bahan ini mudah terbakar, mengakibatkan sisi sisi di dekat garitan menjadi terbakar, sehingga bagian permukaan menjadi tidak bagus dan kasar.



Gambar 8. Hasil pemotongan dengan media pelapis alas papan MDF hitam

Dari gambar 8 terlihat bahwa hasil fisik pemotongan menggunakan media pelapis alas papan MDF hitam, juga meninggalkan garitan yang lebar, berwarna kuning dan lebih gelap daripada kertas dan lakban, dan kasar. Kemudian pemakanan terjadi dibagian bawah akrilik, sementara bagian atasnya tidak termakan, sehingga bagian yang tersisa (berlum termakan) adalah bagian atas akrilik. Selanjutnya sisi permukaan hasil pemotongan lebih halus daripada media pelapis lainnya. Selain itu, pada proses pemotongan juga tidak ada indikasi terbakar.

2. Analisis Data Pengujian

Uji T digunakan untuk mengetahui apakah variabel independen (*cutting speed*) berpengaruh terhadap variabel dependen (persentase intensitas daya)[6]. Uji statistik T bersifat dua arah dengan kriteria penolakan H_0 adalah $T \text{ hitung} > T \text{ tabel}$ atau $T \text{ hitung} < -T \text{ tabel}$. Nilai T tabel untuk uji T diperoleh seperti penjelasan berikut:

$$\begin{aligned} T \text{ tabel} &= (0.05/2 ; 50-1-1) \\ &= 2.011 \end{aligned}$$

Data-data pada tabel 3 diolah dengan aplikasi SPSS, dan berikut merupakan hasil analisis datanya:

Tabel 4. *Coefficients* media pelapis kertas

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.606	.047		12.349	.000
	Cutting Speed	-.010	.001	-.719	-7.176	.000

Dari data pada tabel 4, didapat nilai signifikansi $0.00 < 0.05$ dan T hitung sebesar -7.176, yang nilainya lebih kecil dari -T tabel (-2.011), maka dapat disimpulkan bahwa *cutting speed* dengan menggunakan media pelapis kertas berpengaruh terhadap nilai *depth of cut* (Ha diterima).

Tabel 5. *Coefficients* media pelapis lakban

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.523	.025		21.245	.000
	Cutting Speed	-.008	.001	-.849	-11.114	.000

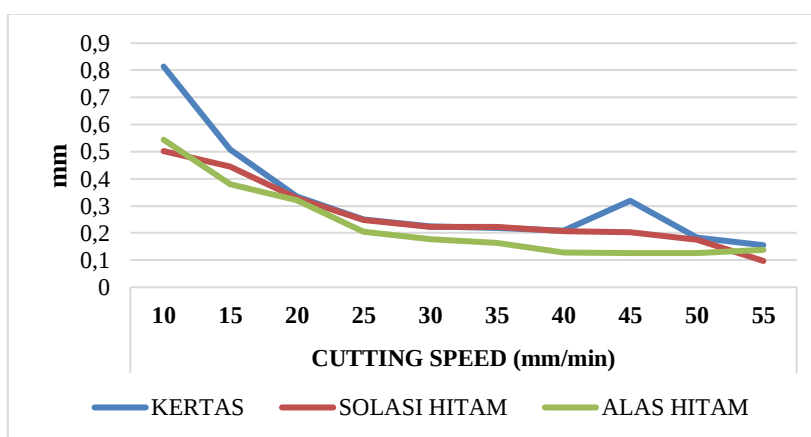
Dari data pada tabel 5, didapat nilai signifikansi sebesar $0.00 < 0.05$ dan nilai T hitung sebesar -11.114 yang lebih kecil dari -T tabel (-2.011), maka dapat disimpulkan bahwa *cutting speed* dengan media pelapis lakban berpengaruh terhadap nilai *depth of cut* (Ha diterima).

Tabel 6. *Coefficients* media pelapis alas papan MDF hitam

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.524	.037		14.272	.000
	Cutting Speed	-.009	.001	-.776	-8.526	.000

Dari data pada tabel 6, didapat nilai signifikansi $0.00 < 0.05$ dan T hitung -8.526, yang lebih kecil dari -T tabel (-2.011), maka dapat disimpulkan bahwa *cutting speed* dengan media pelapis papan MDF hitam memiliki pengaruh terhadap *depth of cut* (Ha diterima).

Dari Uji T yang dilakukan didapat bahwa semua media pelapis sama-sama memberikan pengaruh pada pemotongan akrilik transparan, hal ini menunjukkan perbedaan dengan pemotongan tanpa media pelapis yang tidak memberikan efek apapun.



Gambar 9. Grafik nilai rata-rata *depth of cut* pada berbagai variasi media pelapis

Grafik pada gambar 9 menunjukkan hasil pengolahan data eksperimen. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kertas (garis biru) menjadi media pelapis paling optimal karena menghasilkan *depth of cut* yang paling dalam. Dari eksperimen ini belum ada akrilik yang terpotong, serta hasil pemotongan tidak stabil. Studi lain menunjukkan bahwa pemilihan

parameter seperti *laser power* dan kecepatan potong berpengaruh signifikan terhadap kualitas pemotongan akrilik [14]. Oleh karena itu perlu dicari tahu parameter terbaik meliputi variasi persentase intensitas daya dan *cutting speed*, agar dapat memotong akrilik transparan dengan media pelapis kertas dengan.

Pengujian Pengaruh Variasi *Cutting Speed* dan Persentase Intensitas Daya Terhadap Nilai *Depth of cut* dengan Media Pelapis Kertas

Eksperimen kedua dilakukan menggunakan media pelapis kertas, dengan menggunakan variasi parameter presentase intensitas daya dan *cutting speed*, untuk mengetahui parameter terbaik pada pemotongan akrilik tranparan dengan media pelapis kertas.

1. Hasil Pengujian

Didapatkan nilai *depth of cut* serta waktu pemotongan dari hasil eksperimen kedua yang dilakukan dengan menggunakan media pelapis kertas dengan pengulangan pemotongan sebanyak dua kali, tabel hasil eksperimen dapat dilihat pada bagian lampiran.



Gambar 10. Hasil potongan dengan persentase intensitas daya 95%, 65% dan 60%

Pada gambar 10, ada beberapa sampel yang terpotong dan ada yang tidak. Terlihat bahwa pada persentase intensitas daya 95% dan *cutting speed* 2 mm/min sudah terpotong, dan untuk persentase intensitas daya 60% *cutting speed* 2 mm/min sudah tidak terpotong lagi.

2. Analisis Data Pengujian

a. Uji Asumsi Klasik

1) Uji Normalitas

Tabel 8. One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		40
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.32858761
Test Statistic		.086
Asymp. Sig. (2-tailed) ^c		.200 ^d

Berdasarkan uji Kolmogorov-Smirnov, nilai signifikansi sebesar 0.2 yang lebih besar dari 0.05 mengindikasikan bahwa data tersebut berdistribusi normal.

2) Uji Multikolinearitas

Tabel 9. Coefficients Uji Multikolinearitas

Model		Unstandardized Coefficients		T	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error			Tolerance	VIF
1	(Constant)	.679	.382	1.779	.084		
	Intensitas Daya	.021	.005	4.442	.000	1.000	1.000
	Cutting Speed	-.196	.019	-10.398	.000	1.000	1.000

X₁ = Persentase Intensitas Daya

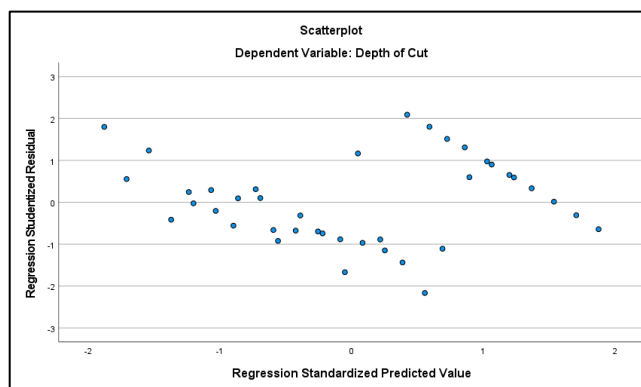
X₂ = Cutting Speed

Y = Depth of cut

Berdasarkan tabel di atas, nilai *tolerance value* untuk persentase intensitas daya dan *cutting speed* berada di atas 0.10 dan nilai VIF di bawah 10, yang berarti tidak terdapat multikolinearitas.

3) Uji Heterokedastisitas

Dari gambar di bawah, terlihat bahwa plot-plot tersebar tidak beraturan, dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data tidak mengalami gejala heteroskedastisitas.



Gambar 11. Scatterplot uji heterokedastisitas

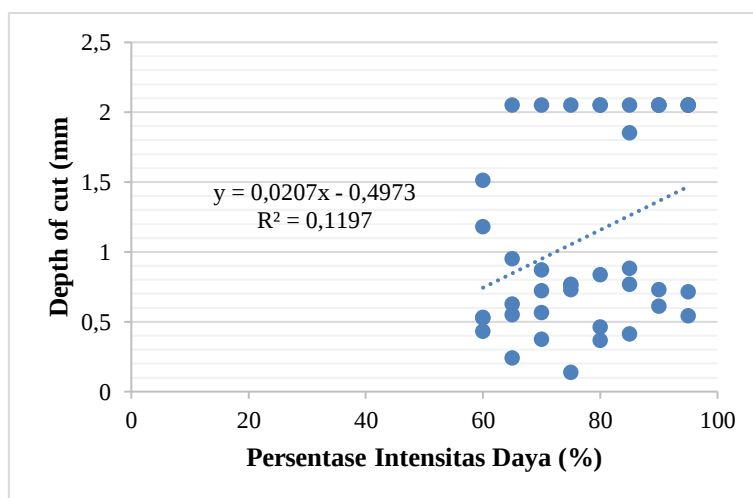
b. Uji T

Tabel 10. *Coefficients* media pelapis kertas

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	.679	.328		1.779	.084
Intensitas Daya	.021	.005	.346	4.442	<.001
Cutting Speed	-.196	.019	-.810	-10.398	<.001

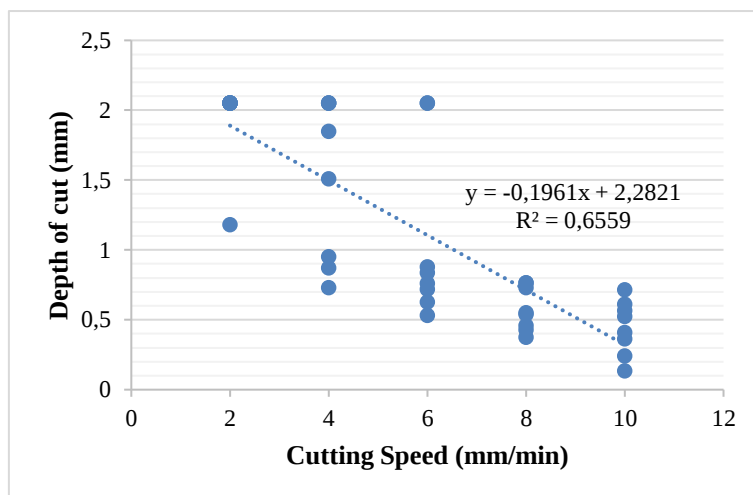
T tabel = $(0.05/2 ; 40-1-1) = 2.024$

Untuk variabel X_1 (Intensitas daya), nilai T hitung sebesar 4.442 lebih besar dari T tabel 2.024, sehingga dapat disimpulkan bahwa intensitas daya berpengaruh terhadap variabel *depth of cut* (H_a). Kemudian didapatkan nilai persentase intensitas daya (B) *unstandarized coefficients* sebesar 0.021, koefisien regresi yang bernilai positif menunjukkan bahwa variabel X_1 (persentase intensitas daya) memiliki pengaruh positif terhadap Y (*depth of cut*), artinya semakin besar nilai X_1 , maka nilai Y juga akan meningkat.



Gambar 12. Grafik hubungan nilai persentase intensitas daya dengan *depth of cut*

Untuk variabel X_2 (*Cutting speed*) diketahui nilai T hitung sebesar -2.585. Karena nilai T hitung negatif maka T hitung $< -T$ tabel = -10.398 $< -T$ tabel (-2.024), sehingga dapat disimpulkan bahwa *cutting speed* memiliki pengaruh terhadap *depth of cut* (H_a). Kemudian didapatkan nilai (B) *unstandarized coefficients* sebesar -1.96, yang menyatakan bahwa koefisien regresi bernilai negatif, sehingga arah pengaruh variabel X_2 (*cutting speed*) terhadap Y (*depth of cut*) adalah negatif, yang artinya semakin besar X_2 maka Y semakin kecil. Makin besar nilai *cutting speed* menunjukkan kecepatan yang semakin cepat, hal ini dapat dilihat pada tabel hasil eksperimen di bagian lampiran, dimana semakin besar nilai *cutting speed* maka kecepatan pemotongan akan semakin besar.



Gambar 13. Grafik hubungan nilai *cutting speed* dengan *depth of cut*

c. Uji F

Tabel 11. Anova

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	14.550	2	7.275	63.926	<.001 ^b
	Residual	4.211	37	.114		
	Total	18.761	39			

F tabel = 2 ; 40-2
 = 3.24

Dari *output* tabel 11, maka F hitung 63.926 $> F$ tabel 3.24, artinya variabel X_1 (*cutting speed*) dan X_2 (persentase intensitas daya) berpengaruh secara simultan terhadap Y (*depth of cut*), dan H_a diterima.

d. Uji Koefisien Determinasi (R Square)

Tabel 12. Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.881 ^a	.776	.763	.337351

Berdasarkan *output* pada tabel 12, diperoleh nilai R Square sebesar 0.776, menunjukkan bahwa 77.6% variasi *depth of cut* (Y) dipengaruhi oleh persentase intensitas daya (X_1) dan *cutting speed* (X_2), sementara 22,4% sisanya dipengaruhi oleh variabel-variabel lain di luar model regresi linier berganda.

e. Persamaan Regresi dan Parameter Optimal

Dari analisa yang dilakukan, didapatkan persamaan regresi $Y = 0.679 + 0.021X_1 - 0.196X_2$. Berdasarkan nilai koefisien regresi, arah pengaruh masing-masing variabel dapat

diketahui. Jika variabel X_1 memiliki nilai positif, maka peningkatan pada variabel X_1 akan menyebabkan peningkatan pada variabel Y , dan sebaliknya. Untuk mengetahui parameter pemotongan terbaik, maka dilakukan pemeringkatan dari data pada tabel 7, data diambil nilai rata-ratanya dan yang terpotong saja.

Tabel 13. Seleksi parameter terbaik

No	Intensitas daya (%)	Cutting speed (mm/min)	Depth of cut (mm)	Waktu 2x Pemotongan (min)
1	90	6	2.05	10
2	95	6	2.05	10
3	80	4	2.05	15
4	90	4	2.05	15
5	95	4	2.05	15
6	65	2	2.05	30
7	70	2	2.05	30
8	75	2	2.05	30
9	80	2	2.05	30
10	85	2	2.05	30
11	90	2	2.05	30
12	95	2	2.05	30

Data pada tabel 13 menunjukkan parameter-parameter pemotongan terbaik yang dapat dengan efektif memotong akrilik transparan. Sebuah studi menyatakan bahwa optimasi parameter daya dan kecepatan potong sangat memengaruhi hasil akhir pemotongan material akrilik dengan mesin laser cutting menggunakan *simplex centeroid design* dan optimasi respon, hasil penelitiann tersebut sangat berguna karena sebelumnya tidak ada acuan sehingga pengoperasian mesin hanya menggunakan dasar perkiraan[15]. Hal ini sejalan dengan arah pengaruh dari hasil regresi linier berganda untuk masing-masing variabel persentase intensitas daya maupun *cutting speed*. Sementara dalam praktiknya, untuk usaha yang paling efektif dengan hasil paling optimal, maka diutamakan agar waktu pengerjaan secepat mungkin, kemudian faktor yang kedua adalah persentase intensitas daya sekecil mungkin, sehingga minim usaha dan waktu pengerjaan cepat. Sehingga, berdasarkan data yang diperoleh, dengan nilai *depth of cut* yang semuanya bernilai 2.05, maka tentu akan dipilih *cutting speed* tercepat yakni 6 mm/min dibanding 2 mm/min. Oleh karena itu, parameter terbaik untuk pemotongan akrilik transparan dengan media pelapis kertas adalah persentase intensitas daya 90% dengan *cutting speed* sebesar 6 mm/min dan dilakukan pengulangan 2 kali pemotongan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis data yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat dirumuskan, di antaranya adalah hasil fisik pemotongan setiap variasi media pelapis meninggalkan bekas garitan yang lebar, kasar, dan berwarna gelap. Pada media pelapis kertas tepotong bagian sisi depan dan belakang, pada media pelapis lakban terpotong sisi bagian depan saja, dan pada media pelapis alas papan MDF hitam terpotong bagian belakang saja. Semua media pelapis memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kedalaman hasil pemotongan. Media pelapis yang paling optimal diantara 3 jenis yang digunakan adalah kertas.

Kemudian berdasarkan analisis eksperimen kedua, diperoleh persamaan regresi $Y = 0.679 + 0.021X_1 - 0.196X_2$. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas daya, semakin

besar pula nilai *depth of cut*, sedangkan peningkatan *cutting speed* justru mengurangi nilai *depth of cut*. Kemudian parameter terbaik untuk pemotongan dibutuhkan berdasarkan nilai *depth of cut*, waktu tercepat dan terakhir adalah persentase intensitas daya, sehingga didapatkan parameter persentase intensitas daya 90% pada *cutting speed* 6 mm/min, dan dilakukan pengulangan 2 kali pemotongan.

REFERENSI

- [1] S. Suharto, "Prototipe Mesin CNC Diode Laser Cutting 5500 Miliwatt Untuk Pembuatan Produk Kreatif Bahan Akrilik," *J. Poli-Teknologi*, vol. 19, no. 2, pp. 169–178, 2020.
- [2] A. Syarief and A. M. Gumai, "Proses Manufaktur Mesin Gergaji Kayu Untuk Pengrajin Palet Kayu," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [3] A. E. Saputro and M. Darwis, "Rancang Bangun Mesin Laser Engraver and Cutter Untuk Membuat Kemasan Modul Praktikum Berbahan Akrilik," *J. Pengelolaan Lab. Pendidik.*, vol. 2, no. 1, pp. 40–50, 2020.
- [4] A. Nasution, M. Minarni, R. Farma, and S. A. Ningsih, "Pembuatan Alat Laboratorium Untuk Praktikum Optik Geometri Tingkat Sma Berbasis Laser Dioda," *Komun. Fis. Indones.*, vol. 18, no. 2, p. 137, 2021.
- [5] I. Agustian, H. E. Saputra, and A. Imanda, "Pengaruh Sistem Informasi Manajemen Terhadap Peningkatan Kualitas Pelayanan Di PT Jasaraharja Putra Cabang Bengkulu," *Prof. J. Komun. dan Adm. Publik*, vol. 6, no. 1, pp. 42–60, 2019.
- [6] M. Ulum, *Statistik*. Malang: Stikes WCH, 2018.
- [7] Sahid Raharjo, "Makna Koefisien Determinasi (R Square) dalam Analisis Regresi Linear Berganda - SPSS Indonesia," SPSS Indonesia. Apr 2017. [Online]. Available: <https://www.spssindonesia.com/2017/04/makna-koefisien-determinasi-r-square.html> [Accessed: Apr. 20, 2024].
- [8] J. Cohen, P. Cohen, S. G. West, and L. S. Aiken, *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*, 3rd ed. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 2003.
- [9] D. N. A. Janie, *Statistik Deskriptif & Regresi Linier Berganda dengan SPSS*. April 2012. Semarang: Semarang University Press, 2012.
- [10] D. I. Rachmawati, D. Yuniarti, and D. A. Nohe, "Model Regresi Variabel dengan Metode Selisih Mutlak," *J. Ekspansional*, vol. 6, no. 2, pp. 187–192, 2015.
- [11] Setiawati, "Analisis Pengaruh Kebijakan Deviden Terhadap Nilai Perusahaan Pada Perusahaan Farmasi Di BEI," *J. Inov. Penelit.*, vol. 1, no. 8, pp. 1581–1590, 2021.
- [12] W. Widana and P. L. Muliani, *Buku Uji Persyaratan Analisis*. Lumajang: Klik Media, 2020.
- [13] S. Wardani and R. I. Permatasi, "Pengaruh Pengembangan Karier Dan Disiplin Kerja Terhadap Prestasi Kerja Pegawai Negeri Sipil (Pns) Staf Umum Bagian Pergudangan Penerbangan Angkatan Darat (Penerbad) Di Tangerang," *J. Ilm. M-Progress*, vol. 12, no. 1, pp. 13–25, 2022.
- [14] E. Oktatian, C. N. Rosyidi, E. Pujiyanto, and E. M. Oktatian, "Optimization of CNC CO2 Laser Cutting Process Parameters on Acrylic Cutting Using Taguchi Grey Relational Analysis and Response Surface Methodology," 2021.
- [15] P. Studi, T. Industri, F. Teknik, U. Dian, and N. Semarang, "Optimasi Setup Proses Engraving CNC Laser Cutting Material Akrilik Menggunakan Simplex Centroid Design Dan Optimasi Respon," *Din. Rekayasa*, vol. 15, no. 01, pp. 1–10, 2019.

LAMPIRAN

Tabel Nilai *depth of cut* terhadap variasi *cutting speed* dan persentase intensitas daya pada akrilik transparan dengan media pelapis kertas

No	Variabel independen		Rata-rata Nilai <i>Depth of cut</i> (mm)	Waktu 2x Pemotongan (min)
	Intensitas daya (%)	<i>Cutting speed</i> (mm/min)		
1	95	2	2.05	30
2	95	4	2.05	15
3	95	6	2.05	10
4	95	8	0.54	7.5
5	95	10	0.715	6
6	90	2	2.05	30
7	90	4	2.05	15
8	90	6	2.05	10
9	90	8	0.73	7.5
10	90	10	0.61	6
11	85	2	2.05	30
12	85	4	1.85	15
13	85	6	0.88	10
14	85	8	0.765	7.5
15	85	10	0.41	6
16	80	2	2.05	30
17	80	4	2.05	15
18	80	6	0.835	10
19	80	8	0.46	7.5
20	80	10	0.365	6
21	75	2	2.05	30
22	75	4	0.73	15
23	75	6	0.76	10
24	75	8	0.765	7.5
25	75	10	0.135	6
26	70	2	2.05	30
27	70	4	0.87	15
28	70	6	0.72	10
29	70	8	0.375	7.5
30	70	10	0.565	6
31	65	2	2.05	30
32	65	4	0.95	15
33	65	6	0.625	10
34	65	8	0.55	7.5
35	65	10	0.24	6
36	60	2	1.18	30
37	60	4	1.51	15
38	60	6	0.53	10
39	60	8	0.43	7.5
40	60	10	0.525	6

Titik Persentase Distribusi T (df = 41 – 80)

Pr df	0.25 0.50	0.10 0.20	0.05 0.10	0.025 0.050	0.01 0.02	0.005 0.010	0.001 0.002
41	0.68052	1.30254	1.68288	2.01954	2.42080	2.70118	3.30127
42	0.68038	1.30204	1.68195	2.01808	2.41847	2.69807	3.29595
43	0.68024	1.30155	1.68107	2.01669	2.41625	2.69510	3.29089
44	0.68011	1.30109	1.68023	2.01537	2.41413	2.69228	3.28607
45	0.67998	1.30065	1.67943	2.01410	2.41212	2.68959	3.28148
46	0.67986	1.30023	1.67866	2.01290	2.41019	2.68701	3.27710
47	0.67975	1.29982	1.67793	2.01174	2.40835	2.68456	3.27291
48	0.67964	1.29944	1.67722	2.01063	2.40658	2.68220	3.26891
49	0.67953	1.29907	1.67655	2.00958	2.40489	2.67995	3.26508
50	0.67943	1.29871	1.67591	2.00856	2.40327	2.67779	3.26141
51	0.67933	1.29837	1.67528	2.00758	2.40172	2.67572	3.25789
52	0.67924	1.29805	1.67469	2.00665	2.40022	2.67373	3.25451
53	0.67915	1.29773	1.67412	2.00575	2.39879	2.67182	3.25127
54	0.67906	1.29743	1.67356	2.00488	2.39741	2.66998	3.24815
55	0.67898	1.29713	1.67303	2.00404	2.39608	2.66822	3.24515
56	0.67890	1.29685	1.67252	2.00324	2.39480	2.66651	3.24226
57	0.67882	1.29658	1.67203	2.00247	2.39357	2.66487	3.23948
58	0.67874	1.29632	1.67155	2.00172	2.39238	2.66329	3.23680
59	0.67867	1.29607	1.67109	2.00100	2.39123	2.66176	3.23421
60	0.67860	1.29582	1.67065	2.00030	2.39012	2.66028	3.23171
61	0.67853	1.29558	1.67022	1.99962	2.38905	2.65886	3.22930
62	0.67847	1.29536	1.66980	1.99897	2.38801	2.65748	3.22696
63	0.67840	1.29513	1.66940	1.99834	2.38701	2.65615	3.22471
64	0.67834	1.29492	1.66901	1.99773	2.38604	2.65485	3.22253
65	0.67828	1.29471	1.66864	1.99714	2.38510	2.65360	3.22041
66	0.67823	1.29451	1.66827	1.99656	2.38419	2.65239	3.21837
67	0.67817	1.29432	1.66792	1.99601	2.38330	2.65122	3.21639
68	0.67811	1.29413	1.66757	1.99547	2.38245	2.65008	3.21446
69	0.67806	1.29394	1.66724	1.99495	2.38161	2.64898	3.21260
70	0.67801	1.29376	1.66691	1.99444	2.38081	2.64790	3.21079
71	0.67796	1.29359	1.66660	1.99394	2.38002	2.64686	3.20903
72	0.67791	1.29342	1.66629	1.99346	2.37926	2.64585	3.20733
73	0.67787	1.29326	1.66600	1.99300	2.37852	2.64487	3.20567
74	0.67782	1.29310	1.66571	1.99254	2.37780	2.64391	3.20406
75	0.67778	1.29294	1.66543	1.99210	2.37710	2.64298	3.20249
76	0.67773	1.29279	1.66515	1.99167	2.37642	2.64208	3.20096
77	0.67769	1.29264	1.66488	1.99125	2.37576	2.64120	3.19948
78	0.67765	1.29250	1.66462	1.99085	2.37511	2.64034	3.19804
79	0.67761	1.29236	1.66437	1.99045	2.37448	2.63950	3.19663
80	0.67757	1.29222	1.66412	1.99006	2.37387	2.63869	3.19526

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilitas 0.05

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89