

ANALISIS KEKUATAN TARIK CAMPURAN MATERIAL ABS LG HI121H DENGAN ABS DAUR ULANG

Redemptus Didik Prakoso¹⁾

¹⁾Program Studi Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta
E-mail : redemptus.20204022@student.atmi.ac.id

Stevanus Hanung Tri Budiarto²⁾, Aditya Nugraha^{3)*}, Yohanes Nugroho⁴⁾, Bayu Prabandono⁵⁾

^{2,3,4,5)}Program Studi Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta
E-mail : aditya.nugraha@atmi.ac.id

Abstrak

Pembuatan produk plastik mayoritas menghasilkan limbah plastik yang cukup banyak. Penggunaan limbah plastik dalam pembuatan produk ditujukan untuk mengurangi harga jual dengan tetap menghasilkan produk dengan kualitas baik. Namun penggunaan limbah plastik dalam proses *injection molding* untuk membuat produk baru belum banyak dimanfaatkan karena keterbatasan data karakteristik kualitas produk yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter injeksi terbaik yang menghasilkan kekuatan tarik produk yang paling optimal pada campuran 70% ABS LG HI121H murni dan 30% ABS LG HI121H daur ulang, mengetahui pengaruh parameter, serta mengetahui pengaruh prosentase campuran. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi untuk memperoleh kombinasi terbaik parameter proses injeksi dan metode ANOVA untuk mengetahui pengaruh faktor parameter yang digunakan. Parameter yang digunakan masing-masing 3 level yaitu *melt temperature* 200°C, 225°C, dan 250°C; *holding pressure* 27 bar, 30 bar, dan 33 bar; *cooling time* 53s, 55s, dan 57s; serta *injection speed* 25 mm/s, 30 mm/s, dan 35 mm/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk memperoleh hasil kekuatan tarik terbaik, parameter *melt temperature* 200°C, *holding pressure* 30 bar, *cooling time* 53 s, *injection speed* 25 mm/s dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 46,59 Mpa yang diuji melalui uji konfirmasi. Faktor yang mempengaruhi hasil kekuatan tarik adalah *melt temperature* sebesar 89,73%, *holding pressure* 1,72%, *cooling time* 0,34%, *injection speed* 0,95%, sedangkan 7,26% adalah faktor *error*. Penggunaan material ABS dengan prosentase campuran 70% ABS murni dengan 30% ABS daur ulang menyebabkan penurunan kekuatan tarik dengan angka sebesar 46,59 Mpa lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tarik dari material 100% ABS murni yaitu 56,4 Mpa.

Kata Kunci: injection molding, ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene), kuat tarik, metode taguchi.

Abstract

The manufacture of the majority of plastic products produces quite a lot of plastic waste. The use of plastic waste in product manufacturing is intended to reduce the selling price while still producing good quality products. However, the use of plastic waste in the injection molding process to make new products has not been widely utilized due to limited data on the quality characteristics of the products produced. This study aims to determine the best injection parameters that produce the most optimal product tensile strength in a mixture of 70% pure LG HI121H ABS and 30% recycled LG HI121H ABS, determine the effect of parameter, and determine the effect of mixture percentage. This research uses Taguchi method to obtain the best combination of injection process parameters and ANOVA method to determine the effect of parameter factors used. The parameters used were 3 levels each: melt temperature 200°C, 225°C, and 250°C; holding pressure 27 bar, 30 bar, and 33 bar; cooling time 53s, 55s, and 57s; and injection speed 25 mm/s, 30 mm/s, and 35 mm/s. The results showed that to obtain the best tensile strength results, the parameters of melt temperature 200°C, holding pressure 30 bar, cooling time 53 s, injection speed 25 mm/s with an average tensile strength of 46.59 Mpa were tested through confirmation tests. Factors that influence the tensile strength results are melt temperature by 89.73%, holding pressure 1.72%, cooling time 0.34%, injection speed 0.95%, while 7.26% is an error factor. The use of ABS material with a mixture percentage of 70% pure ABS with 30% recycled ABS causes a decrease in tensile strength with a figure of 46.59 Mpa lower than the tensile strength of 100% pure ABS material which is 56.4 Mpa.

Keywords: injection molding, ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene), tensile strength, taguchi method.

PENDAHULUAN

PT. ATMI IGI CENTER merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur *tools making (precision part, rapid prototyping, dies, mold making), part making (plastic injection)* dan *education*, memenuhi kebutuhan perkakas dan

komponen presisi dengan teknologi terbaik untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi. Unit baru yang dimiliki yakni *product development* untuk pemenuhan *customer* diluar proses *manufacturing*. Mayoritas proses dalam pembuatan produk plastik yaitu *injection moulding* : pembentukan suatu benda atau produk dari bahan plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu dengan cara perlakuan panas dan tekanan menggunakan alat berupa mold (Alfian, 2021). Cetakan adalah alat untuk membentuk bagian-bagian sesuai model (bentuk dan dimensi) yang diinginkan. Cetakan merupakan bagian terpenting dalam proses pencetakan injeksi karena bentuk produk bergantung pada bentuk cetakan (Siregar dan Rangkuti, 2018).

Unit *part making* membuat produk plastik dengan cara *injection molding*. Material plastik yang digunakan dalam membuat produk salah satunya ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) karena penggunaannya berkisar kurang lebih 150 ton per tahun. Material ABS murni yang sering digunakan merek ABS LG HI121H yang merupakan salah satu material ABS yang dirancang memiliki sifat yang tahan benturan. Proses injeksi material murni akan menghasilkan produk dan limbah. Potensi limbah yang dihasilkan dari proses *injection molding* berkisar ± 100 kg per 1 hari kerja. Limbah yang dihasilkan dapat digunakan sebagai campuran dalam membuat produk dengan tujuan mengurangi harga jual dari produk yang dihasilkan. Berikut ini adalah salah satu contoh produk yang dihasilkan dengan komposisi 70% material murni dan 30% material daur ulang yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Cover Body Center Beat*

Dampak pencampuran tersebut terhadap kekuatan mekanik untuk bahan dasar material ABS hingga saat ini belum diketahui. Hal ini mendorong perlu adanya pengujian kekuatan mekanik dan karakteristik kualitas material campuran murni dan daur ulang.

Setter adalah orang mengatur dan menyusun proses *injection molding*. *Setter* di *Part Making* menyatakan bahwa perlu adanya perubahan parameter proses *injection molding* saat memproduksi campuran bahan ABS LG HI121H murni dengan daur ulang dan hingga saat ini belum ada parameter injeksi khusus yang digunakan untuk memproduksi bahan campuran tersebut. Perubahan parameter proses harus dilakukan dengan mempertimbangkan komposisi campuran bahan murni dan daur ulang untuk memperoleh kualitas produk yang baik. Dengan demikian dapat menjadi pertimbangan *setter* untuk menentukan parameter yang tepat dengan kualitas yang seragam.

Penelitian ini hendak membahas tentang kekuatan mekanik dan karakteristik dari pencampuran material ABS LG HI121H murni dengan daur ulang. Persentase campuran material murni dengan daur ulang menjadi salah satu faktor yang diperhatikan dalam penelitian ini. Proses injeksi membutuhkan *setting* parameter yang rumit, seperti: temperatur injeksi, tekanan injeksi, laju aliran, *temperature mold*, laju pendinginan, dan waktu siklus (Listyalina, 2022). Parameter proses mesin injeksi dilibatkan dalam penelitian untuk mengetahui pengaruh perubahan parameter proses terhadap kualitas produk. Metode pengujian kualitas disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik produk. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan mekanik dan kualitas hasil proses injeksi. Pengujian tarik pada material ABS LGHI121H dilakukan karena melihat material ABS merupakan material yang memiliki sifat sensitivitas tarikan kurang (Nurhadi dkk, 2020). Hal ini diharapkan memberikan informasi komposisi campuran material ABS LG HI121H murni dan daur ulang yang memiliki kekuatan mekanik optimal.

METODE

Analisis *S/N Ratio* (*Signal to Noise Ratio*)

Metode Taguchi adalah metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses sekaligus meminimalkan biaya dan sumber daya. Metode Taguchi menggunakan sekumpulan matriks khusus yang disebut *orthogonal array* yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dapat memberikan informasi sebanyak-banyaknya tentang semua faktor yang mempengaruhi parameter. Data yang diperoleh diubah menjadi *S/N ratio* (*Signal to Noise ratio*). *Signal-to-Noise* rasio digunakan untuk fokus pada pemilihan faktor yang membantu mengurangi variabilitas respons (Maulidia dkk, 2020). Ada 3 jenis karakteristik *S/N ratio* yaitu *the smaller the better*, *the larger the better*, dan *the target is best*.

Pada penelitian ini, karakteristik *S/N Ratio the larger the better* dipilih untuk kekuatan tarik, karena pada faktor ini kekuatan tarik dengan nilai yang terbesar adalah nilai yang terbaik. Rumus *S/N ratio the larger the better* ditunjukkan pada persamaan 1.

$$S/N \text{ ratio} = (-10) \times \log_{10} \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_{ij}^2} \quad (1)$$

ANOVA (*Analysis of Variance*)

Metode ANOVA (*Analysis of Variance*) merupakan suatu metode analisis statistic yang digunakan untuk menguji perbedaan antar variabel. ANOVA digunakan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh setiap parameter kontrol terhadap proses. Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung ANOVA ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rumus ANOVA (*Analysis of Variance*)

Keterangan	Persamaan
Perhitungan variasi dari penelitian	$f_T = N - 1$
Perhitungan faktor variabel	$f_A = k_A - 1$
Perhitungan faktor error	$f_e = f_T - (f_A + f_B + f_N)$
Perhitungan jumlah pangkat untuk semua faktor	$S_T = T_{S_1}^2 + T_{S_2}^2 + T_{S_3}^2 + T_{S_N}^2 - \frac{(T_{S_1} + T_{S_2} + T_{S_3} + T_{S_N})^2}{N}$
Perhitungan penjumlahan pangkat untuk faktor A	$S_A = \left(\frac{(\sum A_1)^2}{k_{A_1}} + \frac{(\sum A_2)^2}{k_{A_2}} + \frac{(\sum A_N)^2}{k_{A_N}} \right) - \frac{(T_{S_1} + T_{S_2} + T_{S_3} + T_{S_N})^2}{N}$
Perhitungan jumlah faktor error	$S_E = S_T - (S_A + S_B + S_N)$
Perhitungan nilai variasi untuk variabel A	$V_A = \frac{S_A}{f_A}$
Perhitungan F-rasio untuk semua faktor	$F_A = \frac{V_A}{V_E}$
Perhitungan kontribusi persentase variabel	$P_A = \left(\frac{S_A}{S_T} \right) \times 100$

Setting Faktor dan Level Parameter Proses

Penelitian terdapat 4 parameter proses yang dioptimalkan yaitu *melt temperature*, *holding pressure*, *cooling time*, dan *injection speed*. Masing-masing parameter terdiri dari 3 level. Variasi parameter proses dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi parameter *setting*

Faktor	Variabel Proses	Satuan	Level		
			1	2	3
A	<i>Melt Temperature</i>	°C	200	225	250
B	<i>Holding Pressure</i>	bar	27	30	33
C	<i>Cooling Time</i>	s	53	55	57
D	<i>Injection Speed</i>	mm/s	25	30	35

Desain Faktorial

Penentuan *Orthogonal Array* berfungsi untuk untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dapat memberikan informasi sebanyak-banyaknya tentang semua faktor yang mempengaruhi parameter. Penelitian dilakukan dengan menggunakan desain *Taguchi L₉ (3⁴) Orthogonal Array (OA)* karena terdapat 4 faktor dan 3 level yang digunakan dalam pengujian. Tabel 3 merupakan desain *Taguchi L₉ (3⁴) orthogonal array*.

Tabel 3. Desain taguchi *L₉ (3⁴) Orthogonal Array*

Eksperimen	Melt Temperature	Holding time	Injection Pressure	Injection Speed
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Setelah desain Taguchi L₉ dipilih, maka parameter yang telah ditentukan dimasukkan ke dalam desain faktorial penelitian. Tabel 4 merupakan desain faktorial penelitian.

Tabel 4. Desain Faktorial Penelitian

Melt Temperature	Holding Pressure	Cooling Time	Injection Speed
200	27	53	25
200	30	55	30
200	33	57	35
225	27	55	35
225	30	57	25
225	33	53	30
250	27	57	30
250	30	53	35
250	33	55	25

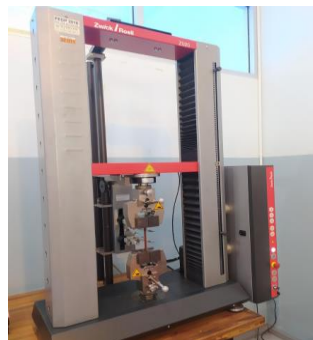
Alat dan Bahan Penelitian

Pembuatan spesimen menggunakan mesin *injection molding* Fanuc 100 *Electric* yang berada di unit *work injection* PT. ATMI IGI Center (Gambar 2).



Gambar 2. Mesin *Injection Molding* Fanuc 100 *Electric*

Pengujian spesimen dilakukan di PUTP Politeknik ATMI Surakarta, pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan dan regangan dari material plastik dengan menggunakan *Universal Testing Machine* dengan standart ISO 527 (Gambar 3).

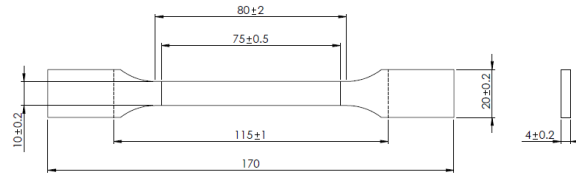


Gambar 3. Alat Uji Tarik

Material plastik yang digunakan yaitu ABS murni dengan merek ABS LG HI121H dan ABS daur ulang (Gambar 4), menggunakan material ABS karena material tersebut yang sering digunakan di PT. ATMI IGI Center.



Gambar 4. Material ABS

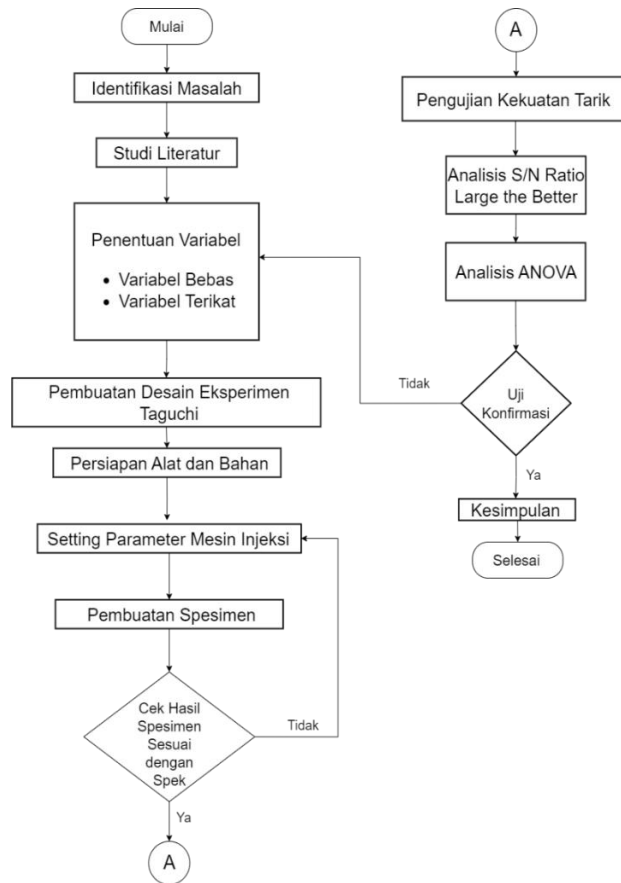


Gambar 5. Dimensi Spesimen

Pada gambar 5 merupakan Dimensi spesimen menggunakan spesimen *multipurpose* sesuai dengan standar ISO 527 sebagai dasar kerangka alat.

Alur Penelitian

Alur penelitian disajikan pada gambar 6 dimulai dengan identifikasi masalah, studi literatur, penentuan variabel, pembuatan eksperimen taguchi, persiapan alat dan bahan sampai dengan pengujian.



Gambar 6. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis S/N Ratio (Signal to Noise Ratio)

Tabel 5 merupakan hasil pengambilan spesimen dan data di mesin *injection molding*, setiap parameter *setting* diambil 3 uji spesimen yang kemudian direrata. Data yang diambil yaitu kekuatan tarik.

Hasil pengujian kuat tarik pada Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik material 70% ABS murni dicampur 30% ABS daur yang dihasilkan berada dalam rentang 44,02-46,75 Mpa. Nilai kekuatan tarik paling tinggi yaitu 46,75 Mpa, nilai ini diperoleh pada variasi parameter *melt temperature* sebesar 200°C, *holding pressure* sebesar 27 bar, *cooling time* sebesar 53 s, dan *injection speed* sebesar 25 mm/s.

Tabel 5. Data Hasil Penelitian Uji Spesimen

Variasi Parameter	Control Factor				Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Rerata
	MT (°C)	HP (bar)	CT (s)	IS (mm/s)	Kekuatan Tarik σ (Mpa)	Kekuatan Tarik σ (Mpa)	Kekuatan Tarik σ (Mpa)	Kekuatan Tarik σ (Mpa)
1	200	27	53	25	46,41	46,75	46,10	46,42
2	200	30	55	30	46,16	46,48	46,15	46,27
3	200	33	57	35	46,08	45,99	45,68	45,91
4	225	27	55	35	44,72	45,10	44,94	44,92
5	225	30	57	25	45,39	44,80	45,21	45,13
6	225	33	53	30	45,36	44,68	44,73	44,92
7	250	27	57	30	44,32	44,18	44,68	44,39
8	250	30	53	35	44,02	44,69	44,51	44,41
9	250	33	55	25	44,23	44,27	44,29	44,26

Setelah hasil pengujian kekuatan tarik diperoleh, maka *S/N Ratio* untuk kekuatan tarik dengan karakteristik kualitas *large the better* dapat dicari dengan memasukkan rumus. Karakteristik kualitas *large the better* digunakan karena untuk kekuatan tarik nilai yang terbesar adalah nilai yang terbaik sehingga digunakan untuk mencari *S/N Ratio*. Tabel 6 merupakan hasil perhitungan *S/N Ratio* kekuatan tarik.

Tabel 6. *S/N Ratio* Kekuatan Tarik

Variasi Parameter	Control Factor				Rerata Kekuatan Tarik σ (Mpa)	<i>S/N Ratio</i>
	MT (°C)	HP (bar)	CT (s)	IS (mm/s)		
1	200	27	53	25	46,42	33,33
2	200	30	55	30	46,27	33,31
3	200	33	57	35	45,91	33,24
4	225	27	55	35	44,92	33,05
5	225	30	57	25	45,13	33,09
6	225	33	53	30	44,92	33,05
7	250	27	57	30	44,39	32,95
8	250	30	53	35	44,41	32,95
9	250	33	55	25	44,26	32,92

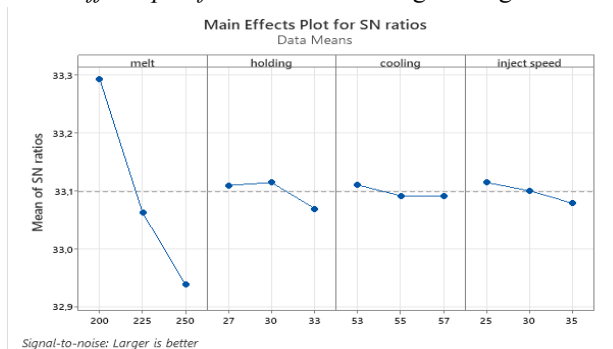
Setelah *S/N Ratio* untuk kekuatan tarik diperoleh, maka dapat disimpulkan dengan data seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Rerata *S/N Ratio* dari Kekuatan Tarik

Control Factor	<i>S/N Ratio</i>			
	<i>Melt Temperature</i> (°C)	<i>Holding Pressure</i> (bar)	<i>Cooling Time</i> (s)	<i>Injection Speed</i> (mm/s)
Level 1	33,29	33,11	33,11	33,11
Level 2	33,06	33,11	33,09	33,1
Level 3	32,94	33,07	33,09	33,08
<i>Difference</i>	0,35	0,05	0,02	0,04
<i>Rank</i>	1	2	4	3

Berdasarkan Tabel 7, hasil respon kekuatan tarik pada masing-masing level parameter proses dapat disimpulkan bahwa *melt temperature* menjadi faktor utama yang paling berpengaruh terhadap kekuatan tarik, kemudian faktor *holding pressure*, kemudian faktor *injection speed* dan yang paling kecil pengaruhnya yaitu faktor *cooling time*.

Gambar 7 merupakan grafik *main effects plot for S/N Ratio* masing-masing faktor terhadap nilai kekuatan tarik.



Gambar 7. Grafik *Main Effects Plot for S/N Ratio* Kekuatan Tarik

Gambar 7 menunjukkan grafik masing-masing faktor terhadap kekuatan tarik, dimana pada grafik faktor *melt temperature* dapat dilihat bahwa *melt temperature* level 1 yaitu 200 °C memberikan efek yang lebih besar dibandingkan pada level 2 yaitu 225 °C dan level 3 yaitu 250 °C. Pada grafik faktor *holding pressure* menunjukkan hasil yang paling memberikan efek paling besar level 2 yaitu 30 bar dibandingkan level 1 yaitu 27 bar dan level 3 yaitu 33 bar. Pada grafik faktor *cooling time* menunjukkan bahwa level 1 yaitu 53 detik memiliki efek yang paling besar dibandingkan level 2 yaitu 55 detik dan level 3 yaitu 57 detik. Pada grafik faktor *injection speed* menunjukkan bahwa level 1 yaitu 25 mm/s memiliki efek yang paling besar dibandingkan level 2 yaitu 30 mm/s dan level 3 yaitu 35 mm/s.

Dari analisis diatas, maka didapatkan kombinasi terbaik untuk parameter injeksi material 70 % ABS murni dicampur 30 % ABS daur ulang yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kombinasi Parameter Terbaik dari Kekuatan Tarik

Material	Parameter Injeksi			
	<i>Melt Temperature</i> (°C)	<i>Holding Pressure</i> (bar)	<i>Cooling Time</i> (s)	<i>Injection Speed</i> (mm/s)
70% ABS Murni dicampur 30% ABS Daur Ulang	200	30	53	25

Setelah diperoleh hasil analisis, dilakukan pengujian konfirmasi yang bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan tarik dari material campuran 70% ABS murni dengan 30% ABS daur ulang. Hasil uji ini diharapkan dapat memberi gambaran yang jelas mengenai pengaruh penggunaan campuran bahan murni dan daur ulang terhadap kekuatan tarik. Berikut terdapat hasil uji konfirmasi parameter optimal untuk hasil kekuatan tarik.

Tabel 9. Hasil Uji Konfirmasi

Material	Parameter Injeksi				Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Rerata
	<i>Melt Temperature</i> (°C)	<i>Holding Pressure</i> (bar)	<i>Cooling Time</i> (s)	<i>Injection Speed</i> (mm/s)	Kekuatan Tarik σ (Mpa)	Kekuatan Tarik σ (Mpa)	Kekuatan Tarik σ (Mpa)	Kekuatan Tarik σ (Mpa)
70% ABS Murni dicampur 30% ABS Daur Ulang	200	30	53	25	46,48	46,76	46,53	46,59

Tabel 9 merupakan hasil uji konfirmasi parameter optimal dengan variasi *melt temperature* 200°C, *holding pressure* 30 bar, *cooling time* 53 s, *injection speed* 25 mm/s dibuktikan dengan hasil uji konfirmasi nilai kekuatan tarik dengan rata-rata sebesar 46,59 Mpa. Hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Widjaja dan Sinaga (2022) yang nilai kekuatan tarik rata-rata ABS murni 100% sebesar 56,4 Mpa yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai Kekuatan Tarik Rata-Rata ABS Murni. (Widjaja dan Sinaga, 2022)

Spesimen Multipurpose	Nilai Kekuatan Tarik ABS Murni σ (Mpa)
Spesimen 1	56,63
Spesimen 2	56,28
Spesimen 3	56,41
Rata-rata	56,44

Hasil ANOVA (*Analysis of Variance*)

Setelah pengolahan data dan pembahasan hasil percobaan, selanjutnya dilakukan analisis untuk menentukan pengaruh relatif dari kombinasi parameter kendali tersebut. *Analysis of variance* (ANOVA) digunakan untuk menginterpretasikan data hasil eksperimen, agar dapat diketahui kontribusi pengaruh dari setiap faktor terhadap respon kekuatan tarik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
melt	2	15,8184	7,90919	111,19	0,000
holding	2	0,3032	0,15159	2,13	0,148
cooling	2	0,0606	0,03031	0,43	0,659
inject speed	2	0,1671	0,08357	1,17	0,331
Error	18	1,2804	0,07114		
Total	26	17,6297			

Gambar 8. *Analysis of Variance* (ANOVA) Kekuatan Tarik

Dari data pada Gambar 8 dapat digunakan untuk menghitung besarnya nilai kontribusi pengaruh dari setiap faktor dengan menggunakan rumus (1) dibawah:

$$\text{Kontribusi} = \frac{\text{Adj SS}}{\text{Total Adj ss}} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 11 merupakan hasil dari perhitungan ANOVA kekuatan tarik.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Analysis of Variance (ANOVA) Kekuatan Tarik

Faktor	Kontribusi (%)	Rank
<i>Melt Temperature</i> (°C)	89,73	1
<i>Holding Pressure</i> (bar)	1,72	2
<i>Cooling Time</i> (s)	0,34	4
<i>Injection Speed</i> (mm/s)	0,95	3

Dari perhitungan analisis anova untuk material 70% ABS murni dicampur 30% ABS daur ulang dihasilkan faktor yang mempengaruhi hasil respon kekuatan tarik adalah *melt temperature* sebesar 89,73%, *holding pressure* 1,72%, *cooling time* 0,34%, *injection speed* 0,95%, sedangkan 7,26% adalah faktor *error* lainnya.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Parameter proses injeksi terbaik yang menghasilkan kekuatan tarik paling optimal yaitu *melt temperature* 200°C, *holding pressure* 30 bar, *cooling time* 53 s, *injection speed* 25 mm/s dibuktikan dengan hasil uji konfirmasi nilai kekuatan tarik dengan rata-rata sebesar 46,59 MPa.
2. Faktor yang mempengaruhi hasil kekuatan tarik adalah *melt temperature* sebesar 89,73%, *holding pressure* 1,72%, *cooling time* 0,34%, *injection speed* 0,95%, sedangkan 7,26% adalah faktor *error* lainnya.
3. Prosentase campuran 70% ABS murni dengan 30% ABS daur ulang akan menyebabkan penurunan kekuatan tarik dengan angka sebesar 46,59 MPa lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tarik dari material 100% ABS murni yaitu 56,4 MPa.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran:

1. Penelitian dapat dilanjutkan dengan pengujian mengenai *density*, *melt mass-flow rate*, *shrinkage*, kekuatan tekuk, *impact*, dan *hardness* untuk mengetahui kekuatan mekanik dan karakteristik kualitas material campuran murni dan daur ulang.
2. Penelitian dapat dilanjutkan dan dikembangkan mengenai prosentase campuran material murni dan daur ulang yang berbeda untuk mengetahui karakteristik kualitas material dan kekuatan mekanik dari masing-masing prosentase campuran material.
3. Penelitian dapat dikembangkan dengan menggunakan faktor parameter yang berbeda.
4. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan material atau bahan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Rina, Azri, Riki, dan Randa. (2021). Rancang Bangun Molding Souvenir Logo Politeknik Negeri Padang pada Mesin Cetak Injeksi Plastik Bertekanan 1.960 kg/cm². *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*. 16. 93 – 100.
- Listyalina, L. (2022). *Buku Materi Permesinan Plastik 333107*. Kementerian Perindustrian. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Industri. Politeknik ATK Yogyakarta. D.I. Yogyakarta.
- Maulidia, P.R., N. Budiharti, dan E. Andriantantri. (2020). Analisis Pengendalian Mutu Kualitas Menggunakan Metode Taguchi pada UMKM Rubber Seal RM Products Genuine Parts Sukun, Malang. *Jurnal Teknik Industri ITN Malang*. 83 – 91.
- Nurhadi, D., H. Purwanto, dan M. Dzulfikar. (2020). Pengaruh Suhu Injection Moulding terhadap Minimalisasi Sink Marks pada Material Limbah Plastik Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS). *Momentum*. 16. 41 – 46.
- Siregar, R.A., dan A.R. Rangkuti. (2018). Pembuatan Cetakan Kotak Sabun pada Mesin *Injection Molding* Plastik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur, dan Energi*. 1. 57 – 63. Diakses dari <https://doi.org/10.30596/rmme.v1i1.2436>
- Widjaja, H. dan B.M.P. Sinaga. (2022). Pengaruh Pewarna terhadap Kekuatan Tarik Material Plastik Bahan *Acrylonitrile Butadiene tyrene* (ABS). Tugas Akhir. Politeknik Manufaktur Bandung. Bandung.