

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian dan Pengukuran Spesimen

Pada metode DOE Taguchi yang dilakukan menggunakan analisis *mean* atau nilai rata – rata disetiap percobaan, analisis *mean* pada data pengukuran bertujuan untuk memperoleh besarnya persentase *shrinkage* pada setiap percobaan.

#### 4.1.1 Hasil Pengukuran *Longitudinal*

Proses pengukuran *longitudinal* menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,02 mm. Dari pengukuran yang telah dilakukan didapat hasil pada percobaan 2 memiliki nilai *shrinkage* maksimum sedangkan pada percobaan ke 13 memiliki nilai *shrinkage* minimum. Dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran *longitudinal* maksimum

PERCOBAAN 2		
No.	<i>Longitudinal</i> (mm)	Shrinkage <i>Longitudinal</i> (%)
1	151,38	0,434
2	151,38	0,434
3	151,3	0,486
4	151,38	0,434
5	151,4	0,420
6	151,36	0,447
7	151,4	0,420
8	151,4	0,420
9	151,5	0,355
10	151,5	0,355
Rata-rata	151,4	0,420

Tabel 4.2 Hasil pengukuran *longitudinal* minimum

PERCOBAAN 13		
No.	<i>Longitudinal</i> (mm)	<i>Shrinkage</i> <i>Longitudinal</i> (%)
1	151,62	0,276
2	151,6	0,289
3	151,62	0,276
4	151,58	0,302
5	151,62	0,276
6	151,6	0,289
7	151,6	0,289
8	151,62	0,276
9	151,62	0,276
10	151,6	0,289
Rata-rata	151,608	0,284

Berdasarkan hasil yang didapat perhitungan *mean* nilai rata-rata *shrinkage* terukur pada percobaan ke 2 adalah 0,64 mm dan pada percobaan ke 13 didapat nilai rata-rata *shrinkage* terukur sebesar 0,44 mm. Dari data *shrinkage* terukur dapat dihitung untuk mengetahui presentasi rata-rata *shrinkage* pada percobaan 2 dan 13, dengan menggunakan rumus

$$S = \frac{Lm - Lp}{Lm} \times 100(\%)$$

Pada percobaan ke 2 didapat nilai terukur rata-rata *longitudinal* 151,4 mm, maka persentase *shrinkagenya* adalah

$$S = \frac{152,04mm - 151,4mm}{152,04mm} \times 100 = 0,42 \%$$

Pada percobaan ke 13 didapat nilai terukur rata-rata *longitudinal* 151,6 mm, maka persentase *shrinkagenya* adalah

$$S = \frac{152,04mm - 151,6mm}{152,04mm} \times 100 = 0,28 \%$$

Maka dari percobaan ke 2 didapat presentase *shrinkage* sebesar 0,42% dan persentase nilai *shrinkage* pada percobaan ke 13 sebesar 0,28 %.

#### 4.1.2 Hasil Pengukuran *Transversal*

Proses pengukuran *transversal* menggunakan *micrometer* dengan ketelitian 0,01 mm. Pada pengukuran *transversal* dilakukan pengukuran pada tiga titik di tengah produk, kemudian hasil dari pengukuran tiga titik di rata-rata untuk dicari nilai *shrinkagenya*. Hasil pengukuran *transversal* pada percobaan ke 2, ke 13 dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran *transversal* maksimum

PERCOBAAN 2					
No.	<i>Tranversal</i> ( mm)			Rata-rata ℓ	<i>Shrinkage</i> <i>Transfersal</i> (%)
	1	9,77	9,82		
2	9,76	9,57	9,69	9,673	3,266
3	9,7	9,75	9,75	9,733	2,666
4	9,71	9,8	9,71	9,74	2,6
5	9,71	9,74	9,73	9,726	2,733
6	9,76	9,76	9,73	9,75	2,5
7	9,77	9,84	9,8	9,803	1,966
8	9,79	9,74	9,76	9,763	2,366
9	9,77	9,77	9,75	9,763	2,366
10	9,76	9,98	9,72	9,82	1,8
Rata-rata	9,75	9,777	9,744	9,757	2,43

Tabel 4.4 Hasil pengukuran *transversal* minimum

PERCOBAAN 13					
No.	<i>Tranversal</i> ( mm)			Rata-rata ℓ	<i>Shrinkage</i> <i>Transversal</i> (%)
	1	9,86	9,93		
2	9,93	9,93	9,93	9,93	0,7

3	9,97	9,96	9,98	9,97	0,3
4	9,96	9,96	9,95	9,956	0,433
5	9,94	9,95	9,91	9,933	0,666
6	9,85	9,83	9,88	9,853	1,466
7	9,89	9,93	9,89	9,903	0,966
8	9,96	9,91	9,87	9,913	0,866
9	9,97	9,94	9,88	9,93	0,7
10	9,95	9,9	9,93	9,926	0,733
Rata-rata	9,928	9,924	9,916	9,922	0,773

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan didapat perhitungan *mean* nilai rata-rata *shrinkage* terukur pada percobaan ke 2 sebesar 0,25 mm, pada percobaan ke 13 didapat 0,08 mm. Dari data *shrinkage* terukur dapat dihitung untuk mengetahui persentase rata-rata *shrinkage* pada percobaan 2 dan 13, dengan menggunakan rumus

$$S = \frac{Lm - Lp}{Lm} \times 100(\%)$$

Pada percobaan ke 2 didapat nilai terukur rata-rata *transversal* 9,75 mm, maka persentase *shrinkage* rata-ratanya adalah

$$S = \frac{10mm - 9,75mm}{10mm} \times 100 = 2,43 \%$$

Pada percobaan ke 13 didapat nilai terukur rata-rata *transversal* 9,92 mm, maka persentase *shrinkage* rata-ratanya adalah

$$S = \frac{10mm - 9,92mm}{10mm} \times 100 = 0,77 \%$$

Maka dari percobaan ke 2 didapat persentase *shrinkage* sebesar 2,43 % dan persentase nilai *shrinkage* pada percobaan ke 13 sebesar 0,77 %.

#### 4.1.3 Hasil Pengukuran Far Gate

Proses pengukuran *far gate* menggunakan *micrometer* dengan ketelitian 0,01 mm. Hasil pengukuran *far gate* pada percobaan ke 2, ke 13 terdapat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Hasil pengukuran *far gate* maksimum

Percobaan 2		
No	<i>Far gate</i> (mm)	<i>Shinkage</i> (%)
1	19,97	0,646
2	19,98	0,597
3	19,95	0,746
4	19,97	0,646
5	19,96	0,696
6	19,97	0,646
7	19,98	0,597
8	19,98	0,597
9	19,97	0,646
10	19,96	0,696
Rata- rata	19,969	0,651

Tabel 4.6 Hasil pengukuran *far gate* minimum

Percobaan 13		
No	<i>Far gate</i> (mm)	<i>Shinkage</i> (%)
1	19,97	0,646
2	19,99	0,547
3	19,98	0,597
4	20	0,497
5	19,99	0,547
6	19,98	0,597
7	19,98	0,597
8	19,99	0,547
9	20	0,497
10	19,97	0,646
Rata-rata	19,985	0,572

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan didapat perhitungan *mean* nilai rata-rata *shrinkage* terukur pada percobaan ke 2 sebesar 0,04 mm, pada percobaan ke 13 didapat 0,02 mm. Dari data *shrinkage* terukur dapat dihitung untuk mengetahui persentase rata-rata *shrinkage* pada percobaan 2 dan 13, dengan menggunakan rumus

$$S = \frac{Lm - Lp}{Lm} \times 100(\%)$$

Pada percobaan ke 2 didapat nilai terukur rata-rata *far gate* 19,96 mm, maka persentase *shrinkage* rata-ratanya adalah

$$S = \frac{20,1mm - 19,96mm}{20,1mm} \times 100 = 0,65 \%$$

Pada percobaan ke 13 didapat nilai terukur rata-rata *far gate* 19,98 mm, maka persentase *shrinkage* rata-ratanya adalah

$$S = \frac{20,1mm - 19,985mm}{20,1mm} \times 100 = 0,57 \%$$

Maka dari percobaan ke 2 didapat persentase *shrinkage* sebesar 0,65 % dan persentase nilai *shrinkage* pada percobaan ke 13 sebesar 0,57 %.

#### 4.1.4 Hasil Pengukuran *Near Gate*

Proses pengukuran *near* menggunakan *micrometer* dengan ketelitian 0,01 mm. hasil pengukuran *near gate* percobaan ke 2 dan ke 13 dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4.7 Hasil pengukran *near gate* maksimum

Percobaan 2		
Percobaan No	<i>Near gate</i> (mm)	Shinkage (%)
1	19,98	0,597
2	19,95	0,746
3	19,97	0,646

4	19,99	0,547
5	19,96	0,696
6	19,98	0,597
7	19,98	0,597
8	19,98	0,597
9	19,98	0,597
10	19,96	0,696
Rata- rata	19,973	0,631

Tabel 4.8 Hasil pengukuran *near gate* minimum

Percobaan 13		
Percobaan No	Near gate (mm)	Shinkage (%)
1	19,99	0,547
2	19,99	0,547
3	19,99	0,547
4	20	0,497
5	19,99	0,547
6	19,98	0,597
7	19,98	0,597
8	19,99	0,547
9	20	0,497
10	19,99	0,547
Rata- rata	19,99	0,547

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan didapat perhitungan *mean* nilai rata-rata *shrinkage* terukur pada percobaan ke 2 sebesar 0,03 mm, pada percobaan ke 13 didapat 0,01 mm. Dari data *shrinkage* terukur dapat dihitung untuk mengetahui persentase rata- rata *shrinkage* pada percobaan 2 dan 13, dengan menggunakan rumus

$$S = \frac{L_m - L_p}{L_m} \times 100(\%)$$

Pada percobaan ke 2 didapat nilai terukur rata-rata *near gate* 19,973 mm, maka persentase *shrinkage* rata-ratanya adalah

$$S = \frac{20,1mm - 19,973mm}{20,1mm} \times 100 = 0,63 \%$$

Pada percobaan ke 13 didapat nilai terukur rata-rata *near gate* 19,99 mm, maka persentase *shrinkage* rata-ratanya adalah

$$S = \frac{20,1mm - 19,99mm}{20,1mm} \times 100 = 0,54 \%$$

Maka dari percobaan ke 2 didapat persentase *shrinkage* sebesar 0,63 % dan persentase nilai *shrinkage* pada percobaan ke 13 sebesar 0,58 %.

#### 4.2 Analisa *Shrinkage* pada *Longitudinal* dan *Transversal*

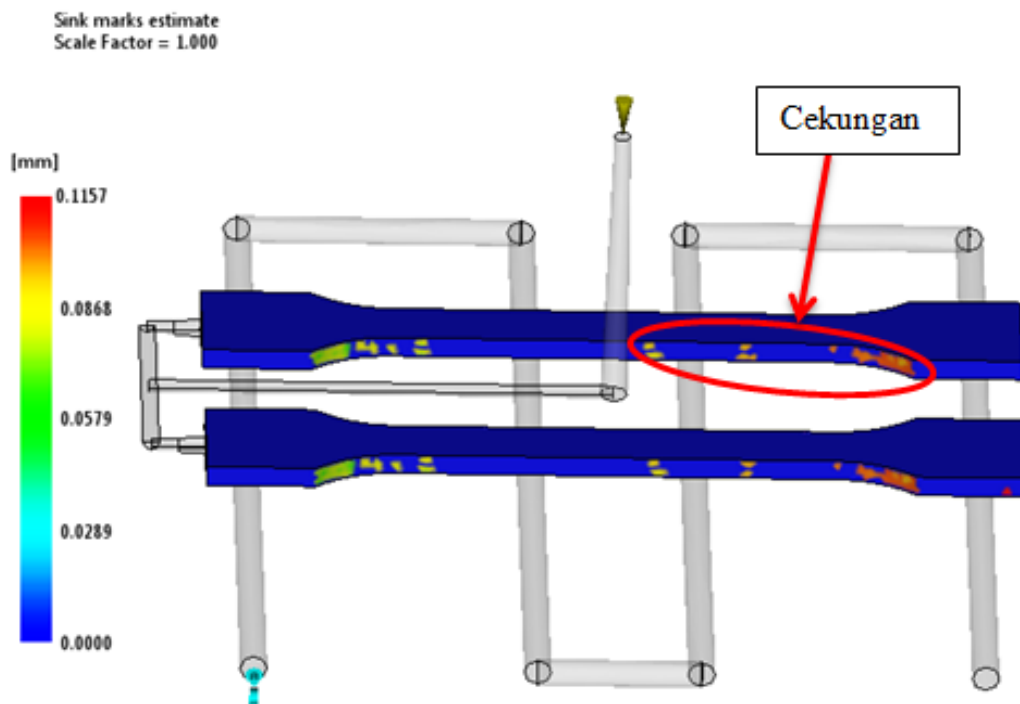
Pada hasil penelitian yang dilakukan nilai *shrinkage* pada *longitudinal* lebih kecil dibandingkan dengan nilai *shrinkage transversal*. Nilai *shrinkage* pada percobaan ke 2 dan 13 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Nilai *shrinkage longitudinal* dan *transversal*

No. Percobaan	<i>Shrinkage</i>			
	<i>Longitudinal</i> (%)	<i>Transversal</i> (%)	Standar Deviasi (%)	
			<i>Longitudinal</i>	<i>Transversal</i>
2	0,42	2,43	0,039	0,429
13	0,28	0,77	0,009	0,317

Analisa nilai *shrinkage longitudinal* dan *transversal*, diperlukan agar spesimen yang dihasilkan memiliki bentuk dan ukuran yang sesuai dengan desain produk. Nilai *shrinkage longitudinal* lebih kecil dibandingkan *transversal*. Hal ini dikarenakan pada daerah *transversal* terdapat cekungan atau *sink mark* yang dapat mengakibatkan besarnya persentase nilai *shrinkage* yang didapat pada daerah *transversal*, dikarenakan derajat penyusutan atau *sink mark* berbanding lurus dengan besarnya persentase *shrinkage*.(Gb.4.1)





Gambar 4.1 Sink mark estimate

Faktor lain yang mempengaruhi terjadinya derajat penyusutan pada daerah *transversal* adalah proses pemampatan cairan plastik kedalam cetakan tidak bekerja secara maksimal, untuk mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan dengan penambahan *holding pressure* pada parameter proses pembuatan produk plastik, yang bertujuan untuk memaksimalkan proses pemampatan sehingga derajat penyusutan atau cekukan dapat dihindari, dan bisa meningkatkan kualitas produk secara optimal dengan persentase *shrinkage* yang kecil.

### 4.3 Analisa *Shrinkage* pada *Far Gate* dan *Near Gate*

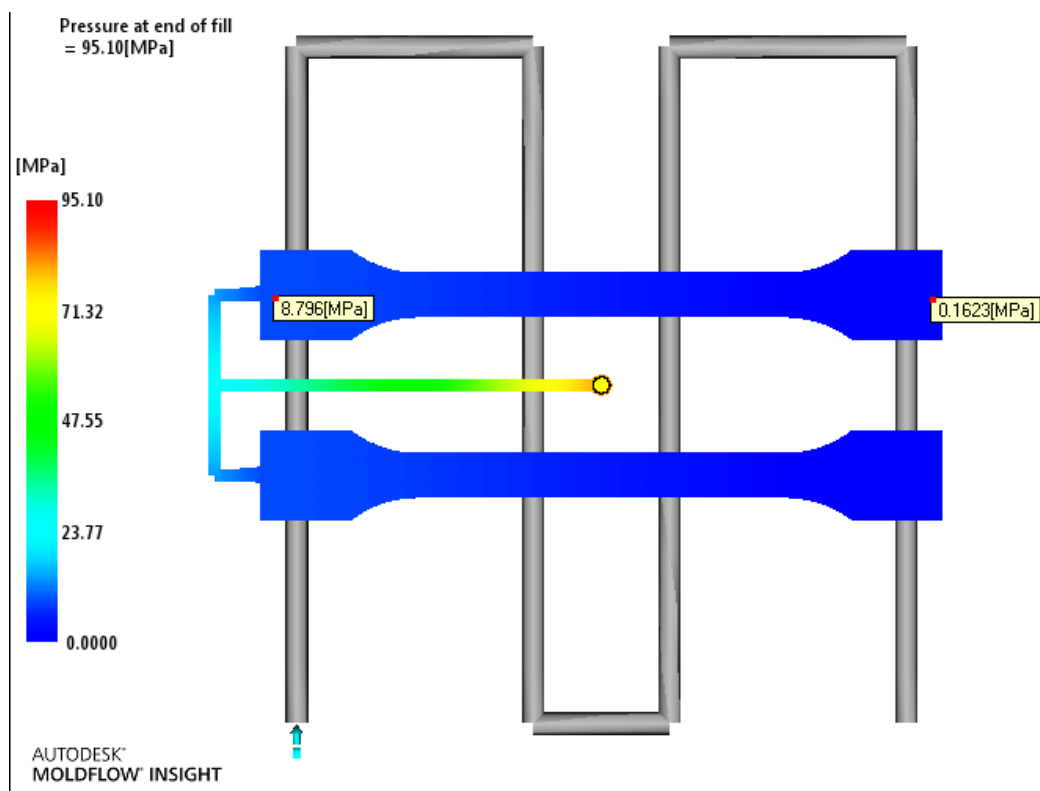
Persentase *shrinkage far gate* dan *near gate* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Persentase *shrinkage far gate* dan *near gate*

No.	<i>Shrinkage</i>			
	<i>Far gate</i> (%)	<i>Near gate</i> (%)	Standar Deviasi (%)	
			<i>Far gate</i>	<i>Near gate</i>
2	0,65	0,63	0,049	0,057
13	0,57	0,54	0,054	0,067

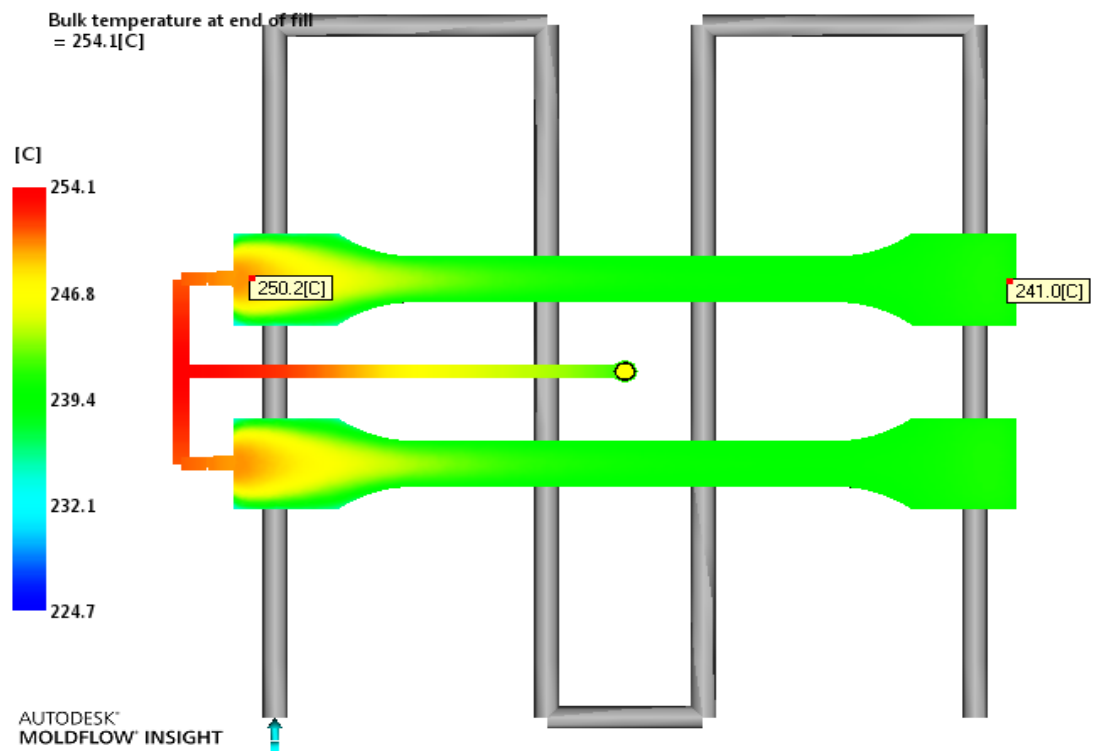
Dari hasil pengamatan penelitian dengan menggunakan *moldflow shrinkage far gate* dan *near gate* pada percobaan ke 2 dan ke 13 didapati persentase *shrinkage* pada *far gate* lebih besar dibandingkan persentase *shrinkage* pada *near gate*, dikarenakan beberapa faktor :

1. Tekanan injeksi pada daerah *far gate* menurun sehingga pada daerah *far gate* nilai *shrinkage* besar.(Gb.4.2.)



Gambar 4.2 *Pressure injection location.*

2. Suhu pada *far gate* lebih dingin dibanding dengan daerah *near gate* sehingga sebagian lapisan material pada *far gate* mengeras atau membeku lebih awal sebelum tekanan tahanan berfungsi secara maksimal.(Gb.4.3)



Gambar 4.3 *Temperature* saat akhir pengisian

Faktor lain yang mempengaruhi besarnya persentase *shrinkage* pada *far gate* adalah posisi *runner* dengan daerah *far gate* lebih jauh dibandingkan dengan daerah *near gate*, dan pada *far gate* terdapat derajat penyusutan atau cekungan yang lebih besar dibandingkan dengan *near gate*. Pada percobaan ke 2 nilai *far gate* lebih besar dibandingkan pada percobaan ke 13, dikarenakan pada percobaan ke 2 tekanan *holding* yang diberikan terlalu rendah, *holding time* yang singkat, dan *cooling time* yang terlalu singkat.

#### 4.4 Analisis Parameter yang Paling Optimum dan Minimum

Analisis optimasi parameter dilakukan untuk menghasilkan variasi parameter yang dapat menghasilkan sebuah produk atau spesimen yang memiliki ukuran dan bentuk yang sesuai dengan cetakan dan desain dari sebuah produk itu sendiri. Variasi parameter yang digunakan pada penelitian menggunakan material ABS *recycle* terdapat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Variasi Parameter

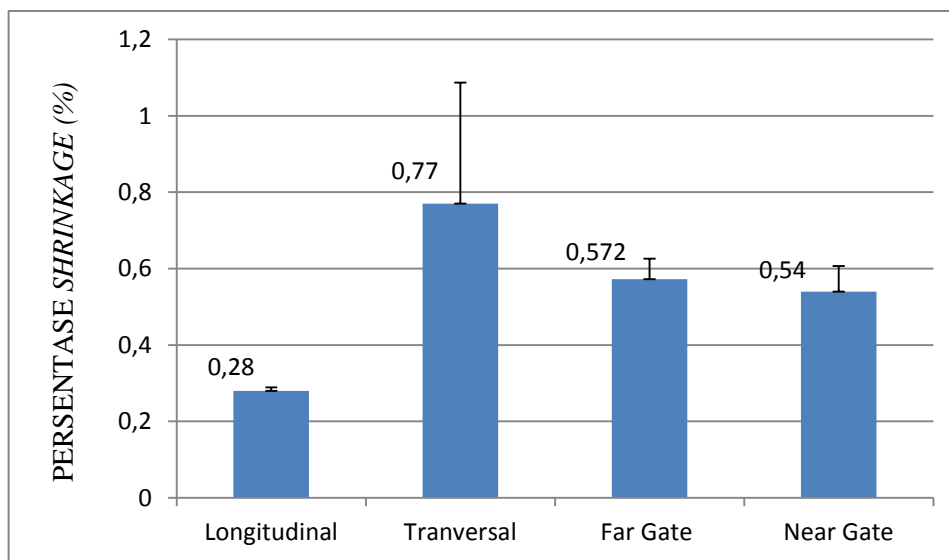
No Percobaan	<i>Holding pressure</i> (bar)	<i>Holding Time</i> (detik)	<i>Cooling Time</i> (detik)	<i>Back Pressure</i> (Bar)	Temperatur leleh (°C)
	A	B	C	D	E
1	87	3	16	10	205
2	87	3	16	10	210
3	87	3	16	10	215
4	87	3,25	18	15	205
5	87	3,25	18	15	210
6	87	3,25	18	15	215
7	87	3,5	20	20	205
8	87	3,5	20	20	210
9	87	3,5	20	20	215
10	90	3	18	20	205
11	90	3	18	20	210
12	90	3	18	20	215
13	90	3,25	20	10	205
14	90	3,25	20	10	210
15	90	3,25	20	10	215
16	90	3	16	15	205
17	90	3,5	16	15	210
18	90	3,5	16	15	215
19	93	3	20	15	205
20	93	3	20	15	210
21	93	3	20	15	215
22	93	3,25	16	20	205
23	93	3,25	16	20	210
24	93	3,25	16	20	215
25	93	3,5	18	10	205

No Percobaan	<i>Holding pressure</i> (bar)	<i>Holding Time</i> (detik)	<i>Cooling Time</i> (detik)	<i>Back Pressure</i> (Bar)	Temperatur leleh (°C)
	A	B	C	D	E
26	93	3,5	18	10	210
27	93	3,5	18	10	215

Variasi parameter yang paling optimal pada material ABS *recycle* terdapat pada percobaan ke 13 terdapat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Variasi parameter proses paling optimum

No Percobaan	<i>Holding pressure</i> (bar)	<i>Holding Time</i> (detik)	<i>Cooling Time</i> (detik)	<i>Back Pressure</i> (Bar)	Temperatur leleh (°C)
	A	B	C	D	E
13	90	3,25	20	10	205



Gambar 4.4 Persentase *shrinkage* minimum

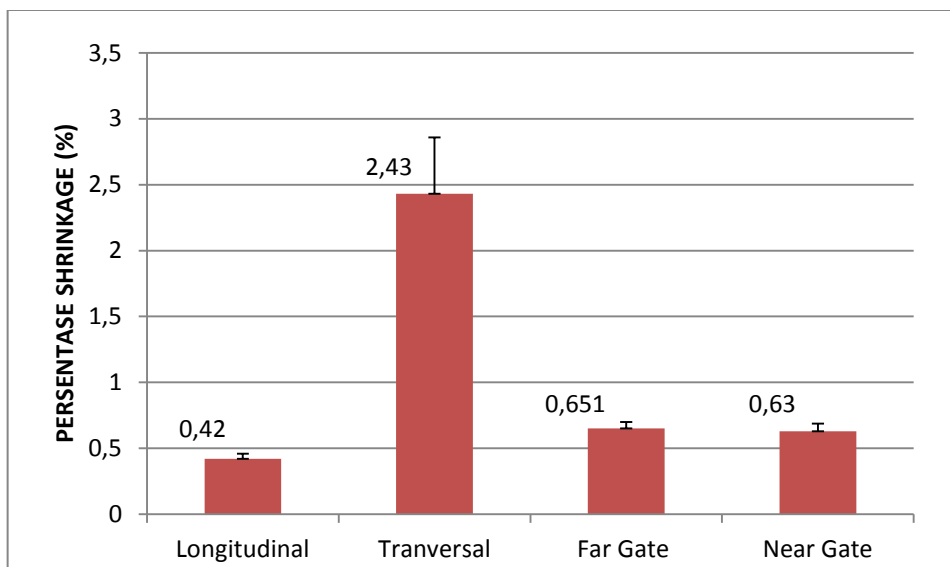
Pada variasi parameter paling optimum pada percobaan ke 13, dimana *holding pressure* pada level ke 2 yaitu 90 Bar, *holding time* pada level ke 2 yaitu 3,25 s, *cooling time* pada level ke 3 yaitu 20 s, *back pressure* pada level ke 1 yaitu

10 Bar, dan temperatur leleh pada level ke 1 yaitu 205 °C. Hasil eksperimen pada percobaan ke 13 diperoleh persentase *shrinkage longitudinal, transversal, far gate* dan *near gate* paling kecil dibandingkan 27 percobaan dan lebih kecil dibandingkan dengan ketentuan persentase *shrinkage* pada material ABS yaitu 0,4 – 0,9 %, maka dari itu variasi parameter pada percobaan ke 13 dapat diambil sebagai variasi parameter yang paling baik digunakan untuk membuat sebuah spesimen, dikarenakan pada percobaan ke 13 persentase *shrinkage* yang didapat adalah sebagai berikut: *longitudinal*  $0,28 \pm 0,009$  %, *transversal*  $0,77 \pm 0,317$  %, *far gate*  $0,57 \pm 0,054$  %, dan *near gate*  $0,54 \pm 0,067$  %.(Gb.4.4)

Sedangkan variasi parameter yang menghasilkan persentase *shrinkage* paling besar pada ABS *recycle* terdapat percobaan ke 2. Pada Tabel 4.13 dapat dilihat data variasi parameter minimum.

Tabel 4.13 Variasi parameter proses ABS *recycle* paling minimum

No Percobaan	<i>Holding pressure</i> (bar)	<i>Holding Time</i> (detik)	<i>Cooling Time</i> (detik)	<i>Back Pressure</i> (Bar)	Temperatur leleh (°C)
	A	B	C	D	E
2	87	3	16	10	210



Gambar 4.5 Persentase *shrinkage* maksimum

Pada variasi parameter paling minimum atau nilai *shrinkage* paling besar pada percobaan ke 2 , dimana *holding pressure* pada level ke 1 yaitu 87 Bar, *holding time* pada level ke 1 yaitu 3 s, *cooling time* pada lever 1 yaitu 16 s, *back pressure* 10 Bar, dan temperatur leleh pada level ke 2 yaitu 210 °C. Hasil eksperimen pada percobaan ke 2 diperoleh presentase *shrinkage longitudinal*, *transversal*, *far gate* dan *near gate* paling besar dibandingkan 27 percobaan lainnya, maka dari itu variasi parameter pada percobaan ke 2 tidak disarankan untuk digunakan pada saat pembuatan sebuah spesimen. Berikut ini adalah persentase *shrinkage* yang didapat yaitu *longitudinal*  $0,42 \pm 0,039\%$ , *transversal*  $2,43 \pm 0,429 \%$ , *far gate*  $0,65 \pm 0,049 \%$ , dan *near gate*  $0,63 \pm 0,057 \%$ .(Gb.4.5)