



## **Analisa Pengengaruh Temperatur dan Kelembaban Terhadap Perubahan Panjang dan Gugus Fungsi Pada Material Plastik PMMA (Polymethmethacrylate)**

### ***Analysis of the Effect of Temperature and Humidity on Changes in Length and Functional Groups in PMMA (Polymethmethacrylate) Plastic Materials***

Muhammad Riski Arifiyanto, Budiarto Djono Siswanto, Bantu Hotsan  
Universitas Kristen Indonesia, Indonesia

\*Corresponding author: [riski.arifiyanto97@gmail.com](mailto:riski.arifiyanto97@gmail.com)

---

#### **Abstrak**

Perubahan panjang material plastik PMMA (Polimethmethacrylate) dapat terjadi karena pengaruh temperatur dan kelembaban. Untuk mengetahui laju perubahan panjang material plastik PMMA pada kondisi didalam kontainer saat transportasi, dilakukan pengujian dengan mensimulasikan kondisi temperatur dan kelembaban ketika di dalam kontainer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan panjang yang terjadi hingga mencapai titik maksimum, berapa lama waktu yang dibutuhkan material plastik PMMA stabil dan tidak terjadi lagi perubahan panjang, serta mengetahui pengaruh temperatur dan kelembaban terhadap gugus fungsi yang terbentuk. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian material plastik PMMA menggunakan mesin chamber yang dapat mensimulasikan kondisi temperatur dan kelembaban didalam kontainer ketika proses transportasi, diantaranya high temperature-high humidity, high temperature-low humidity, low temperature-high humidity, low temperature- low humidity. Serta mengetahui gugus fungsi yang terbentuk. Hasil pengujian menunjukkan perubahan panjang yang terbesar terjadi pada kondisi low temperature-high humidity dengan perubahan panjang sebesar 0.36 mm atau 0.146 % dan mencapai titik stabil diaman tidak lagi terjadi perubahan panjang pada hari ke-21. Sedangkan, untuk perubahan panjang terkecil ialah pada kondisi high temperature - low humidity, pada kondisi ini terjadi penyusutan panjang sebesar -0.14 mm atau -0.0567 % dan mencapai titik kestabilannya pada hari ke-4. Dari percobaan yang dilakukan tidak terjadi perubahan gugus fungsi pada senyawa material plastik PMMA. Hal ini menunjukkan temperatur dan kelembaban di dalam kontainer tidak memengaruhi gugus fungsi yang terbentuk.

**Kata Kunci:** Perubahan panjang, Material PMMA (Polimethmethacrylate), FTIR, Pengaruh temperature dan kelembaban

#### **Abstract**

*The length of PMMA (Polimethmethacrylate) plastic material can be change that effected by temperature and humidity. To know rates of length changes PMMA plastic material inside container condition during transportation, tested by simulating temperature and humidity inside of container. This research has purpose to know changes that happened until maximum point of length changes, how long that PMMA takes until stable and there is no any length change anymore, also to know the effect of temperature and humidity to structural compound itself. This research is done by tested PMMA plastic material in chamber machine that can be simulate temperature and humidity in container, among them high temperature - high humidity, high temperature - low humidity, low temperature - high humidity, low temperature - low humidity. Also to know structural compound that formed. Result of this research is shown highest length changes is in low temperature - high humidity condition about 0.36 mm or 0.146 % and reach stable condition within 21 days, while the lowest length change is in high temperature - low humidity condition, in this condition shrinkage is happened about -0.14 mm or -0.0567 % and reach stable condition within*

---

---

*4days, from these condition, there is no any structural compound changes on PMMA plastic material, this shows that temperature and humidity inside container not effect to structural compound on PMMA plastic material.*

**Keywords:** *Changes in length, PMMA (Polimethymethacrylate) material, FTIR, effects of temperature and humidity*

**How to Cite:** Arifiyanto, M. R. 2020, Analisa Pengengaruh Temperatur dan Kelembaban Terhadap Perubahan Panjang dan Gugus Fungsi Pada Material Plastik PMMA (Polymethymethacrylate), *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*, 4(2): 159-173

---

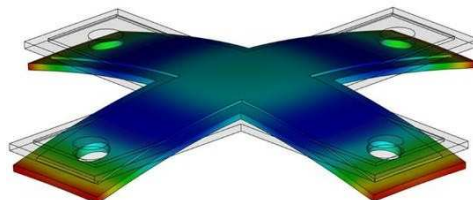
## PENDAHULUAN

Perusahaan X merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pemasaran serta penjualan dari produk-produk berupa printer dan scanner. Produk yang diproduksi Perusahaan X ini memiliki target pasar yaitu Pasar Eropa, Amerika, dan China, dengan pencapaian market share dari ketiga target pasar tersebut sebesar 37.3 %. Tingginya permintaan Pasar Eropa, Amerika, dan China, menyebabkan Perusahaan X merupakan salah satu pengeksport terbesar di Indonesia. Melihat tingginya tingkat ekspor produk perusahaan X harus konsisten menjaga kualitas produknya pada saat ekspor hingga ke tangan konsumen. Realita di lapangan yang terjadi terdapat banyak komplain dari konsumen di Jepang terhadap produk yang dihasilkan. Dari beberapa kasus complain, ada tiga kali komplain dengan kasus yang sama, yaitu *Plastic Part* dengan material PMMA (Polimethymethacrylate) dimana terjadi perubahan panjang pada saat proses ekspor yang pada umumnya menggunakan kontainer untuk proses ekspornya (gambar 1).



Gambar 1. Fenomena perubahan panjang setelah proses transportasi (ekspor)

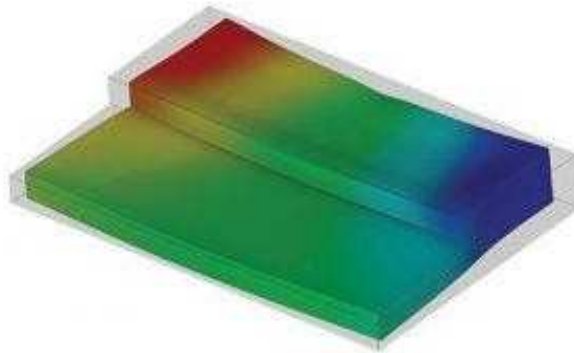
Untuk itu penelitian terhadap Pengaruh Temperatur dan Kelembaban Terhadap Perubahan Panjang Plastik dengan Material PMMA (Polymethymethacrylate) ini dilakukan dengan mensimulasikan kondisi yang terjadi pada saat transportasi ekspor didalam kontainer. Saat ini banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kondisi fisik terhadap material plastik dengan pengaruh temperatur, seperti pengaruh variasi suhu plastik terhadap cacat warpage pada produk injection molding berbahan polypropylene (PP) [1] [2] [3]. Ilustrasi cacat Warpage secara visualisasi diperlihatkan pada gambar 2. Pada jurnal tersebut membahas dan menerangkan mengenai pengaruh temperatur yang terjadi pada plastik berbahan dasar Polypropylene terhadap kondisi warpage atau kelengkungan yang terjadi, Warpage adalah cacat produk, dimana produk yang dihasilkan melengkung (cekung/cekung).



Gambar 2. Visualisasi Cacat Warpage

Selanjutnya ada penelitian yang membahas Laju Penyusutan atau Shrinkage yang dipengaruhi terhadap jenis cooling channel atau saluran pendingin [4] [5]. Ilustrasi

penyusutan visualisasi diperlihatkan pada gambar 3. Pada dasarnya perubahan panjang yang terjadi pada material plastik baik perubahan panjang muai atau susut dapat diprediksi dengan bantuan software seperti Moldflow [6] [7]. Perubahan terhadap panjang atau ukuran material plastik dengan proses injection molding, dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu *Injection Pressure*, *Holding Pressure*, dan juga *Temperature* yang ada pada mesin injeksi  *mold* itu sendiri [8] [9]. Selain itu, perubahan ukuran atau dimensi suatu produk plastik dapat dipengaruhi juga oleh konsentrasi campuran pada material pembentuknya (*regrind rate*), dimana semakin tinggi tingkat regrind-nya semakin rendah material virgin yang digunakan [10] [11] [12].



Gambar 3. Visualisasi Shringkage atau Penyusutan

Namun, belum ada penelitian yang membahas mengenai perilaku atau perubahan dimensi baik susut maupun muai pada material plastik, terutama pada material PMMA (polymethymethacrylate) setelah di injeksi, dengan mensimulasikan kondisi pada saat transportasi didalam kontainer guna pengiriman produk ke dalam maupun luar negeri, dengan kondisi :

- *On High Temperature, High Humidity ambient* (HTHH)
- *On High Temperature, Low Humidity ambient* (HTLH)
- *On Low Temperature, High Humidity ambient* (LTHH)
- *On Low Temperature, Low Humidity ambient* (LTLH)

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan kelembaban terhadap perubahan panjang yang terjadi pada plastik dengan material PMMA, pengaruh temperatur dan kelembaban yang tinggi terhadap gugus fungsi material PMMA dan mengetahui waktu yang dibutuhkan hingga stabilnya perubahan panjang yang terjadi [13] [14].

## METODE

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui pengaruh temperature dan kelembaban terhadap perubahan panjang benda uji dengan material plastik PMMA, memerlukan beberapa peralatan yang digunakan. Bentuk spesimen uji diperlihatkan pada gambar 4. Benda Uji yang di gunakan ialah Material Plastik PMMA dengan dimensi panjang standar  $246,71 \pm 0,15$ , panjang minimum 246,56 mm, dan panjang maksimum 246,86 mm.



Gambar 4. Benda uji

Alat uji yang dipergukan antara lain mesin chamber (gambar 5) yang berfungsi sebagai mesin yang dapat mensimulasikan kondisi temperatur dan kelembaban yang terjadi saat didalam container truck.



Gambar 5. Mesin chamber

Perlitan lain yang digunakan yaitu jangka sorong untuk mengukur perubahan panjang yang terjadi dan mesin FTIR (gambar 6) untuk mengetahui pengaruh temperatur dan kelembaban terhadap gugus fungsinya [15].



Gambar 6. Mesin FTIR

Untuk meningkatkan akurasi pengukuran, harus ditetapkan metode pengukuran dalam penelitian ini [16] [17] [18]. Pada pengukuran benda uji, harus dalam kondisi lurus sehingga panjang yang terukur tidak terpengaruhi oleh bending atau lendutan dari benda uji itu sendiri. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. proses penekan untuk mengeliminasi bending atau lendutan

Indikator yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

High Temperature : 60 °C

Low Temperature : 30 °C

High Humidity : 80 %RH

Low Humidity : 30 %RH

Berdasarkan data diatas sebagai indikator penelitian, maka ditetapkan matrik dengan susunan seperti diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Matriks Indikator Penelitian

	<b>High Temperatur</b>	<b>Low Temperature</b>
<b>High Humidity</b>	HTHH	LTHH
<b>Low Humidity</b>	HTLH	LTLH

Jumlah benda kerja yang di uji sebanyak  $n = 6$  buah untuk setiap pengujiannya dan dilakukan pengamatan dengan mengambil angka rata-rata dari perubahan fisik benda tersebut. Pengujian ini di ambil dalam indikator waktu: hari ke-1, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 21, 25, 28. Hal tersebut dilakukan untuk melihat titik jenuh dari pertambahan panjang benda uji.

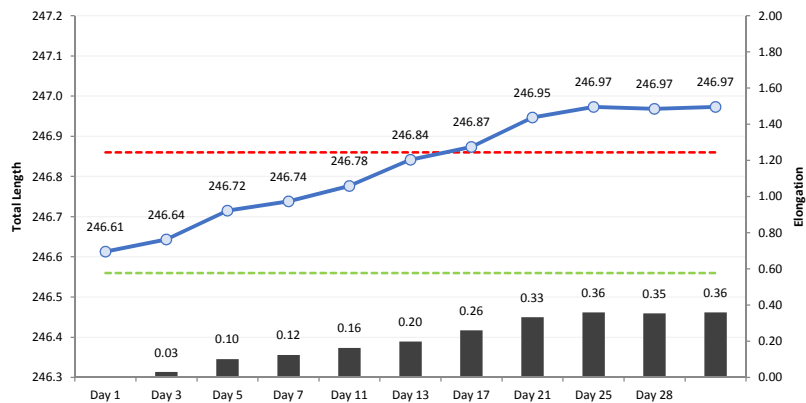
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Analisa Low Temperature - High Humidity terhadap perubahan panjang*

Pengujian pertama yakni dengan melakukan pengujian Low Temperature High Humidity (LTHH), Dimana pada kondisi ini diasumsikan bahwa keadaan sekitar memiliki temperatur yang rendah sekitar 30 °C dengan tingkat kelembaban udara yang tinggi 80 %RH. Hasil pengujian diperlihatkan pada tabel 2. Grafik perubahan panjang rata-rata pada kondisi LTHH diperlihatkan pada gambar 8. Rata-rata perubahan panjang 0.36 mm atau 0.146 % dan waktu yang dibutuhkan hingga stabil ialah 21 hari.

Tabel 2. Hasil Penelitian LTHH

PROCESS	Sample 7	Sample 8	Sample 9	Sample 10	Sample 11	Sample 12	Ave
STD Min	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56
STD Max	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86
First Data	246.59	246.62	246.62	246.63	246.60	246.62	246.61
Day 1	246.62	246.65	246.66	246.65	246.64	246.64	246.64
Day 3	246.70	246.72	246.72	246.74	246.70	246.71	246.72
Day 5	246.72	246.75	246.76	246.75	246.72	246.73	246.74
Day 7	246.75	246.79	246.79	246.79	246.76	246.78	246.78
Day 11	246.82	246.86	246.85	246.84	246.83	246.85	246.84
Day 13	246.86	246.89	246.88	246.88	246.86	246.87	246.87
Day 17	246.95	246.96	246.95	246.96	246.92	246.94	246.95
Day 21	246.96	246.99	246.98	246.98	246.96	246.97	246.97
Day 25	246.96	246.99	246.98	246.97	246.95	246.96	246.97
Day 28	246.96	246.98	246.99	246.98	246.97	246.96	246.97
Δl-1 (Day 1)	0.03	0.03	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03
Δl-2 (Day 3)	0.11	0.1	0.1	0.11	0.1	0.09	0.10
Δl-3 (Day 5)	0.13	0.13	0.14	0.12	0.12	0.11	0.12
Δl-4 (Day 7)	0.16	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16
Δl-5 (Day 11)	0.20	0.21	0.19	0.19	0.19	0.21	0.20
Δl-7 (Day 13)	0.27	0.27	0.26	0.25	0.26	0.25	0.26
Δl-8 (Day 17)	0.36	0.34	0.33	0.33	0.32	0.32	0.33
Δl-8 (Day 21)	0.37	0.37	0.36	0.35	0.36	0.35	0.36
Δl-8 (Day 25)	0.37	0.37	0.36	0.34	0.35	0.34	0.35
Δl-8 (Day 28)	0.37	0.36	0.37	0.35	0.37	0.34	0.36



Gambar 8. Grafik Perubahan Panjang Rata-rata pada Kondisi LTHH

*Analisa Low Temperature - Low Humidity terhadap perubahan panjang*

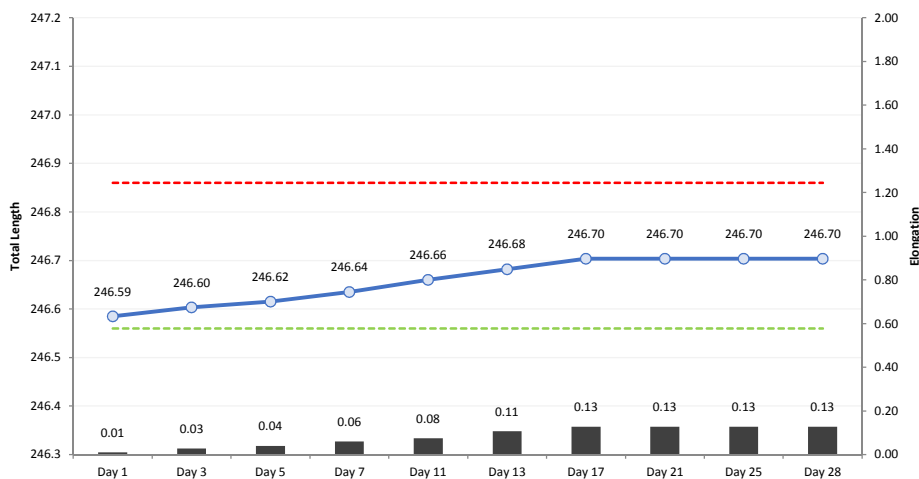
Pada kondisi ini diasumsikan bahwa keadaan sekitar memiliki temperature yang rendah, yaitu sekitar 30 °C dengan tingkat kelembaban udara yang juga rendah sebesar 30 %RH. Hasil pengujian diperlihatkan pada tabel 3. Grafik hasil pengujian perubahan panjang rata- rata pada kondisi LTLH diperlihatkan pada gambar 9. Rata – rata perubahan



panjang yang terjadi: 0.13 mm atau 0.0527% dengan waktu yang dibutuhkan hingga stabil hingga 17 hari.

Tabel 3. Hasil Penelitian LTLH

PROCESS	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6	Ave
STD Min	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56
STD Max	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86
First Data	246.58	246.58	246.56	246.59	246.56	246.58	246.58
Day 1	246.59	246.58	246.57	246.60	246.57	246.60	246.59
Day 3	246.60	246.61	246.59	246.61	246.59	246.62	246.60
Day 5	246.61	246.62	246.60	246.62	246.60	246.64	246.62
Day 7	246.63	246.63	246.62	246.64	246.64	246.65	246.64
Day 11	246.65	246.65	246.65	246.66	246.68	246.67	246.66
Day 13	246.68	246.67	246.67	246.68	246.69	246.70	246.68
Day 17	246.70	246.69	246.70	246.70	246.70	246.73	246.70
Day 21	246.70	246.69	246.70	246.70	246.70	246.73	246.70
Day 25	246.70	246.69	246.70	246.70	246.70	246.73	246.70
Day 28	246.70	246.69	246.70	246.70	246.70	246.73	246.70
Δl-1 (Day 1)	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Δl-2 (Day 3)	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03
Δl-3 (Day 5)	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.06	0.04
Δl-4 (Day 7)	0.05	0.05	0.06	0.05	0.08	0.07	0.06
Δl-5 (Day 11)	0.06	0.07	0.08	0.06	0.11	0.07	0.08
Δl-7 (Day 13)	0.10	0.09	0.11	0.09	0.13	0.12	0.11
Δl-8 (Day 17)	0.12	0.11	0.14	0.11	0.14	0.15	0.13
Δl-9 (Day 21)	0.12	0.11	0.14	0.11	0.14	0.15	0.13
Δl-10 (Day 25)	0.12	0.11	0.14	0.11	0.14	0.15	0.13
Δl-11 (Day 28)	0.12	0.11	0.14	0.11	0.14	0.15	0.13



Gambar 9. Grafik Perubahan Panjang Rata-rata pada Kondisi LTLH

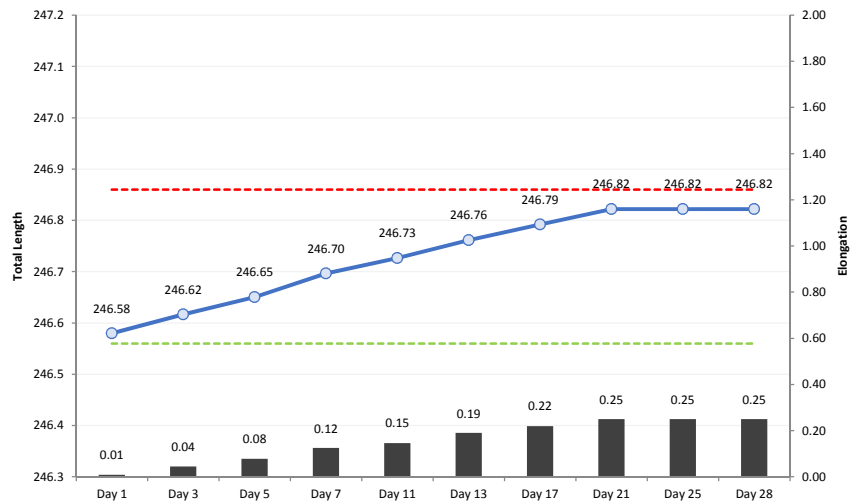
*Analisa High Temperature - High Humidity terhadap perubahan panjang*

Pengujian selanjutnya yakni dengan melakukan pengujian High Temperature High Humidity (HTHH), dimana pada kondisi ini diasumsikan bahwa keadaan sekitar memiliki temperature yang tinggi sekitar 60 °C dengan tingkat kelembaban udara yang tinggi pula, sekitar 80 %RH. Hasil pengujian diperlihatkan pada tabel 4. Grafik hasil pengujian perubahan panjang rata-rata pada kondisi HTHH diperlihatkan pada gambar 10.



Tabel 4. Hasil Penelitian HTHH

PROCESS	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6	Ave
STD Min	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56
STD Max	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86
First Data	246.58	246.57	246.57	246.56	246.57	246.58	246.57
Day 1	246.58	246.59	246.58	246.56	246.58	246.59	246.58
Day 3	246.60	246.63	246.63	246.60	246.61	246.63	246.62
Day 5	246.63	246.67	246.68	246.64	246.63	246.65	246.65
Day 7	246.69	246.70	246.71	246.70	246.68	246.70	246.70
Day 11	246.72	246.72	246.73	246.74	246.72	246.73	246.73
Day 13	246.75	246.76	246.76	246.78	246.75	246.77	246.76
Day 17	246.78	246.79	246.79	246.80	246.79	246.80	246.79
Day 21	246.83	246.81	246.83	246.80	246.82	246.84	246.82
Day 25	246.83	246.81	246.83	246.80	246.82	246.84	246.82
Day 28	246.83	246.81	246.83	246.80	246.82	246.84	246.82
Δl-1 (Day 1)	0.00	0.02	0.01	0	0.01	0.01	0.01
Δl-2 (Day 3)	0.02	0.06	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04
Δl-3 (Day 5)	0.05	0.10	0.11	0.08	0.06	0.07	0.08
Δl-4 (Day 7)	0.11	0.13	0.14	0.14	0.11	0.12	0.12
Δl-5 (Day 11)	0.14	0.13	0.15	0.18	0.14	0.14	0.15
Δl-7 (Day 13)	0.17	0.19	0.19	0.22	0.18	0.19	0.19
Δl-8 (Day 17)	0.20	0.22	0.22	0.24	0.22	0.22	0.22
Δl-9 (Day 21)	0.25	0.24	0.26	0.24	0.25	0.26	0.25
Δl-10 (Day 25)	0.25	0.24	0.26	0.24	0.25	0.26	0.25
Δl-11 (Day 28)	0.25	0.24	0.26	0.24	0.25	0.26	0.25



Gambar 10. Grafik Perubahan Panjang Rata-rata pada Kondisi HTHH

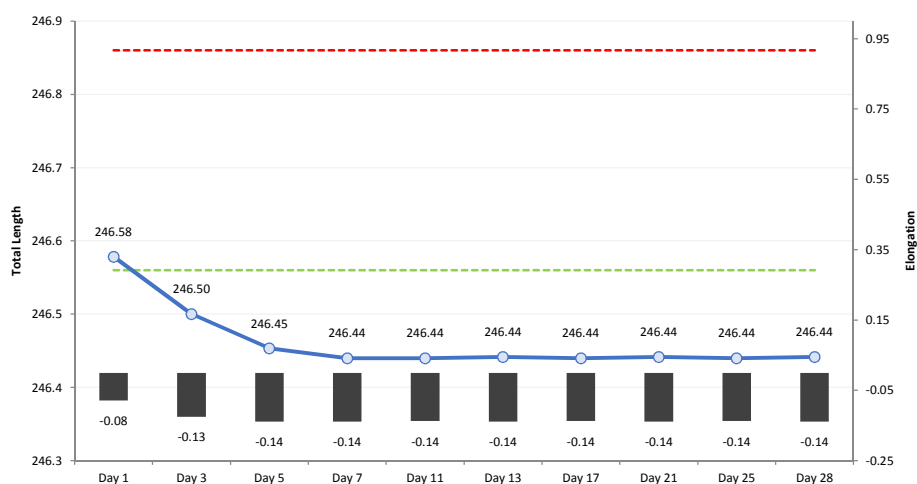
Berdasarkan pengujian HTHH yang telah dilakukan, menunjukkan penambahan panjang yang signifikan dari hari ke hari, hingga pada hari ke-21 menunjukkan kestabilan dan tidak terjadinya penambahan panjang lagi. Penambahan panjang rata-rata yang terjadi hingga 0.25 mm atau 0.1014% dari ukuran semula.

*Analisa High Temperature - Low Humidity terhadap perubahan panjang*

Pengujian selanjutnya yakni dengan melakukan pengujian High Temperature Low Humidity (HTLH), Dimana pada kondisi ini diasumsikan bahwa keadaan sekitar memiliki temperature yang tinggi sekitar 60 °C dengan tingkat kelembaban udara yang rendah, yakni pada 30 %RH. Hasil pengujian diperlihatkan pada tabel 5. Grafik hasil pengujian perubahan panjang pada kondisi HTLH diperlihatkan pada gambar 11.

Tabel 5. Hasil Penelitian HTLH

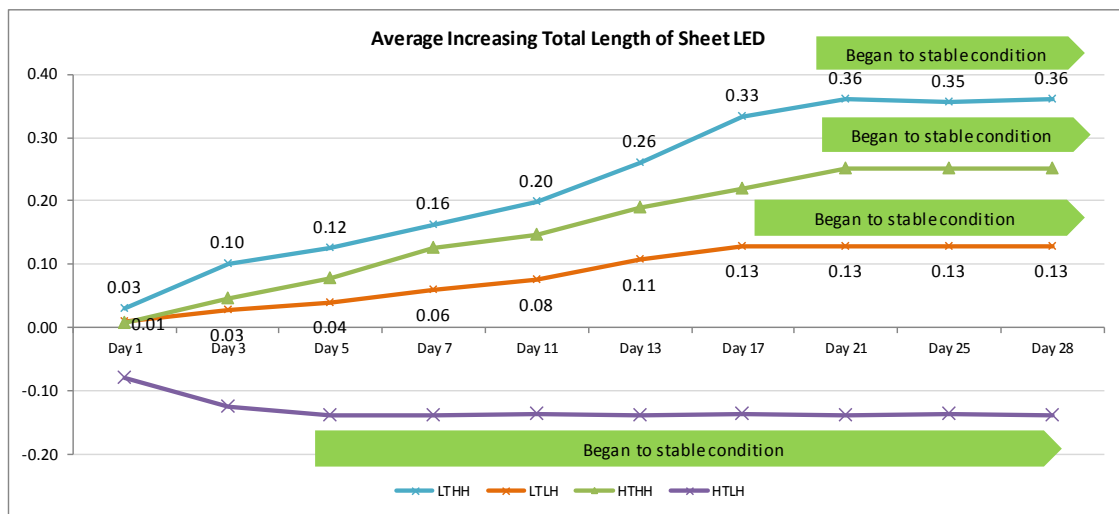
PROCESS	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6	Ave
STD Min	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56	246.56
STD Max	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86	246.86
First Data	246.57	246.57	246.58	246.58	246.59	246.58	246.58
Day 1	246.50	246.49	246.50	246.49	246.51	246.51	246.50
Day 3	246.48	246.46	246.43	246.41	246.47	246.47	246.45
Day 5	246.45	246.43	246.41	246.43	246.45	246.47	246.44
Day 7	246.45	246.43	246.41	246.43	246.45	246.47	246.44
Day 11	246.45	246.42	246.42	246.44	246.45	246.47	246.44
Day 13	246.45	246.43	246.41	246.43	246.45	246.47	246.44
Day 17	246.46	246.42	246.41	246.42	246.46	246.48	246.44
Day 21	246.45	246.43	246.41	246.43	246.45	246.47	246.44
Day 25	246.45	246.45	246.41	246.42	246.45	246.47	246.44
Day 28	246.45	246.43	246.41	246.43	246.45	246.47	246.44
Δl-1 (Day 1)	-0.07	-0.08	-0.08	-0.09	-0.08	-0.07	-0.08
Δl-2 (Day 3)	-0.09	-0.11	-0.15	-0.17	-0.12	-0.11	-0.13
Δl-3 (Day 5)	-0.12	-0.14	-0.17	-0.15	-0.14	-0.11	-0.14
Δl-4 (Day 7)	-0.12	-0.14	-0.17	-0.15	-0.14	-0.11	-0.14
Δl-5 (Day 11)	-0.12	-0.15	-0.16	-0.14	-0.14	-0.11	-0.14
Δl-7 (Day 13)	-0.12	-0.14	-0.17	-0.15	-0.14	-0.11	-0.14
Δl-8 (Day 17)	-0.11	-0.15	-0.17	-0.16	-0.13	-0.10	-0.14
Δl-9 (Day 21)	-0.12	-0.14	-0.17	-0.15	-0.14	-0.11	-0.14
Δl-10 (Day 25)	-0.12	-0.12	-0.17	-0.16	-0.14	-0.11	-0.14
Δl-11 (Day 28)	-0.12	-0.14	-0.17	-0.15	-0.14	-0.11	-0.14



Gambar 11. Grafik Perubahan Panjang pada Kondisi HTLH

Berdasarkan pengujian HTLH yang telah dilakukan, menunjukkan perubahan panjang kearah negatif atau penyusutan, hingga pada hari ke-4 penyusutan tersebut mulai stabil dan tidak terjadi penyusutan lagi. Penyusutan panjang rata-rata yang terjadi hingga -0.14 mm atau -0.0567 % dari ukuran awalnya.

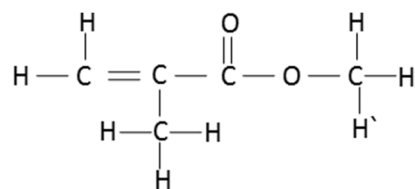
Berdasarkan pengujian-pengujian tersebut, dapat kita simpulkan seperti diperlihatkan pada gambar 12, yang dapat kita lihat secara langsung, bahwa perubahan panjang yang terbesar ialah pada kondisi Low Temperature High Humidity (LTHH) sebesar 0.36 mm atau sebesar  $\Delta l \% = 0.146 \%$  yang mulai pada hari ke-21. Sedangkan untuk perubahan panjang yang terkecil ialah pada kondisi High Temperature Low Humidity (HTLH), dengan perubahan panjang sebesar (-0.14) mm dari kondisi mula-mula atau sekitar  $\Delta l \% = -0.0567 \%$  (penyusutan).



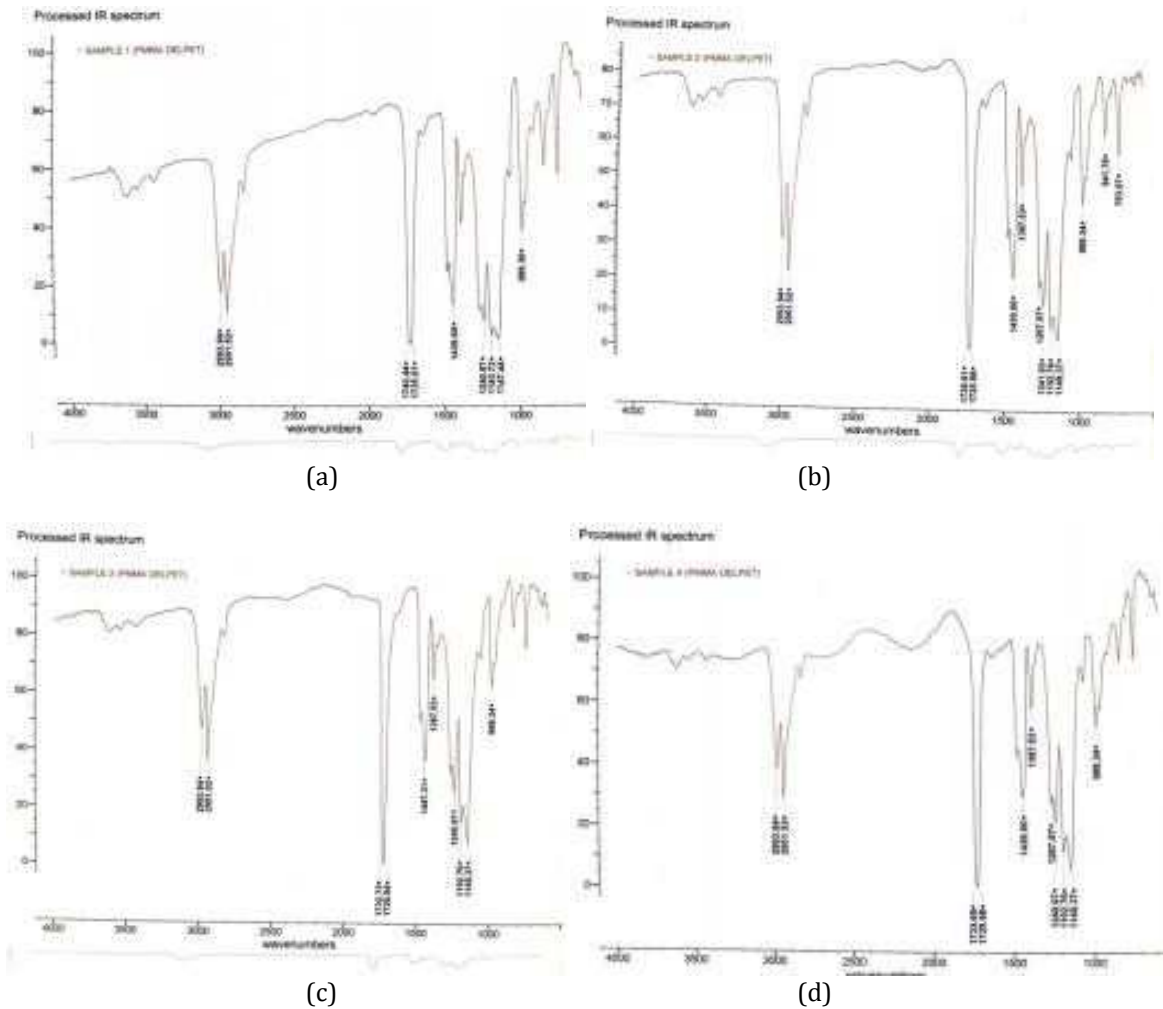
Gambar 12. Grafik Gabungan Perubahan Panjang Rata-rata

### Analisa Temperatur dan Kelembaban Terhadap Gugus Fungsi

Untuk mengetahui pengaruh temperatur dan kelembaban terhadap perubahan gugus fungsi yang terjadi, harus mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada benda uji sebelum di uji. Gambar 13 merupakan gugus fungsi pada material PMMA [19].

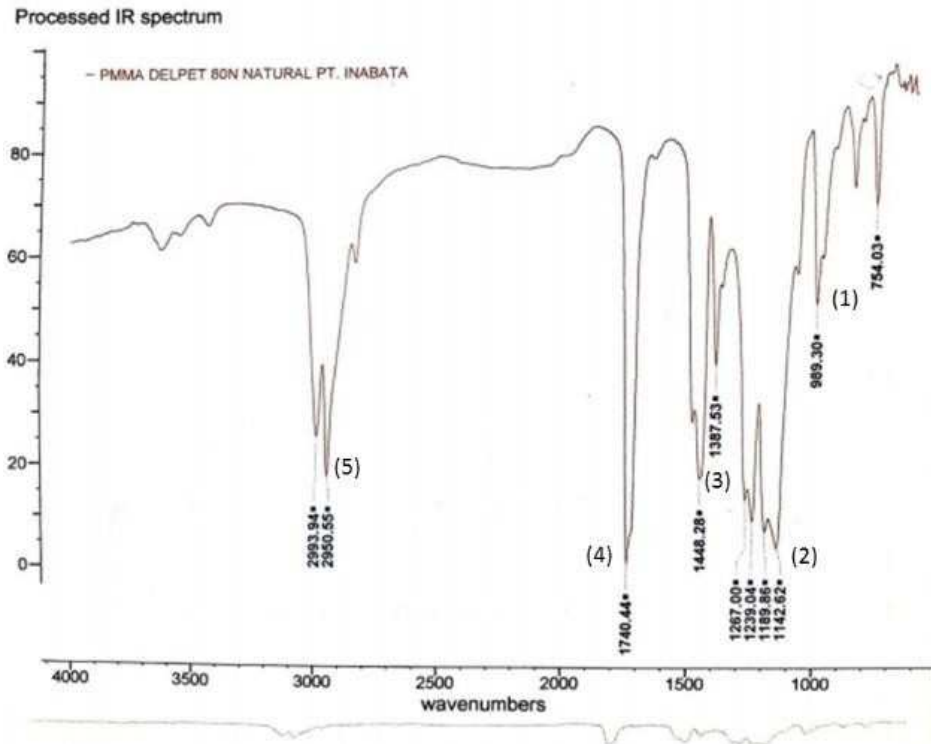


Gambar 13. Gugus fungsi PMMA



Gambar 14. Hasil FTIR (a) LTHH, (b) LTLH, (c) HTHH, (d) HTLH

Grafik hasil pengujian FTIR diperlihatkan pada gambar 14. Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan kesamaan puncak-puncak transmitansi Inframerah yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan gugus fungsi (identik) pada benda uji terhadap pengaruh temperatur dan kelembaban. Berdsarkan data hasil pengujian tersebut dapat diketahui senyawa yang terkandung pada material PMMA seperti diperlihatkan pada gambar 15. Berdasarkan referensi mengenai panjang gelombang untuk menentukan gugus fungsi pada gelombang inframerah, dapat kita ketahui ikatan-ikatan yang terkandung dalam senyawa PMMA yang diperlihatkan pada tabel 6.



Gambar 15. Gambar Analisa Gugus Fungsi Pada Hasil FTIR

Tabel 6. Panjang gelombang pada msing-masing ikatan senyawa PMMA

No	Ikatan	Bilangan Gelombang (nm)
1	C-H	989.3
2	C-O	1143.62
3	C-H	1448.28
4	C=O	1740.44
5	C-H	2950.55

## KESIMPULAN

Pada percobaan yang telah dilakukan, didapatkan hasil perubahan panjang yang terjadi akibat temperature dan kelembaban pada material PMMA, ialah pada kondisi LTHH Rata – Rata Perubahan panjang yang terjadi 0.36 mm atau 0.146 % dari panjang awalnya dan waktu yang dibutuhkan hingga stabil selama 21 hari. Pada percobaan LTLH perubahan panjang yang terjadi hingga 0.13 mm atau 0.0527 % dari panjang mula-mula dan memerlukan waktu hingga stabil selama 17 hari. Selanjutnya pada kondisi HTHH Perubahan panjang yang terjadi hingga 0.25 mm atau 0.1014 % panjang mula-mula dan membutuhkan waktu hingga stabil selama 21 hari, namun pada kondisi HTLH perubahan panjang yang terjadi ialah -0.14 mm atau -0.0567 % dari panjang mula- mulanya (Penyusutan) dan hanya memerlukan waktu 4 hari hingga mencapai titik jenuhnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan panjang yang terbesar terjadi pada kondisi temperatur yang rendah dan kelembaban yang tinggi, dan untuk perubahan panjang yang terkecil terjadi pada kondisi temperatur yang tinggi dengan kelembaban yang rendah. Pada Percobaan ini juga menunjukkan tidak terjadinya perubahan gugus

fungsi atau senyawa pembentuk material PMMA ini. Hal ini di buktikan dari percobaan FTIR yang menunjukkan persamaan transmitansi inframerah yang sama pada setiap sampel masing-masing percobaan.

## REFERENSI

- [1] Z. Dwi, W. Bambang and Pramuko, "Analisa Pengaruh Variasi Suhu Plastik Terhadap Cacat Warpage Dari Produk Injection Molding Berbahan Polypropylene (PP)," *Plastic*, vol. 12, no. 1, pp. 45-59, 2016.
- [2] R. P. Cepi, B. Cahyo and P. Bayu, "Manufaktur dan Uji Kinerja Proses Vacuum Forming untuk Bahan Polymethylmethacrylate (PMMA)," *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, vol. 3, no. 1, pp. 1-9, 2019.
- [3] K. Resta and Witta, "Metode preparasi nanopartikel PMMA dan aplikasinya untuk adhuvan vaksin," in *Seminar Nasional Material ITB*, Bandung, 2013.
- [4] W. F. Bambang and H. W. Arnowo, "Studi Peningkatan Siklus Injeksi Dan Pengurangan Prosentase Penyusutan Pada Produk Injeksi Plastik Dengan Mold Tipe Laminated Steel Tooling," in *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*, Surakarta, 2008.
- [5] J. L. Ferracane, "Hygroscopic and Hydrolytic Effect in Dental Polymer Network," *Dental Material*, vol. 22, no. 1, pp. 211-222, 2006.
- [6] D. A. Agus, "Prediksi Shrinkage Untuk Menghindari Cacat Produk Pada Plastic Injection," *Media Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 70-77, 2015.
- [7] D. Viona, F. Sri and D. G. aldit, "Pengaruh Durasi Perendaman Resin Akrilik Head Cured dalam Minuman Teh Rossela (*Hibiscus sabdariffa*) Terhadap Perubahan Dimensi," Unsyiah Press, Banda Aceh, 2005.
- [8] H. Yuni, "Optimasi Cacat Shrinkage Produk Chamomile 120 ml Pada Proses Injection Molding Dengan Metode Respon Surface," in *Seminar Nasional Manajemen Teknologi X*, Surabaya, 2009.
- [9] A. Lopez, "Direct and interactive effects of three variables on properties of PMMA bone cement for vertebral body augmentation," *Material Science*, vol. 22, no. 1, p. 1599-1606, 2011.
- [10] G. B. Muhammad, D. Mahros and D. Dedi, "Sifat Mekanik Dan Cacat Penyusutan (Shrinkage) Akibat Variasi Komposisi Campura Daur Ulang Polyethylene Pada Injection Molding," *Jurnal ROTOR*, vol. 7, no. 1, pp. 22-37, 2014.
- [11] A. J. Zulfikar, B. Umroh and M. Y. R. Siahaan, "Design and manufacture of skateboard from banana stem," *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*, vol. 3, no. 2, pp. 109-116, 2019.
- [12] A. J. Zulfikar, "Numerical Analysis of Strength of Rear Brake Holder Flat on The Motor Cycle Due to Impact Load," *JMEMME (Journal Of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials And Energy)*, vol. 2, no. 1, p. 1-6, 2018.
- [13] E. Kusdarjanti, M. Laksmi and O. S. , "Pengaruh Perendaman Resin Akrilik Dengan Teknik Injection Molding Terhadap Dimention Gigi Tiruan," *Journal of Vocational Health Studies*, vol. 3, no. 1, pp. 06-10, 2019.
- [14] M. Y. R. Siahaan and D. Darianto, "KARAKTERISTIK KOEFISIEN SERAP SUARA MATERIAL CONCRETE FOAM DICAMPUR SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN METODE IMPEDANCE TUBE," *JMEMME (JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, MANUFACTURES, MATERIALS AND ENERGY)*, vol. 4, no. 1, pp. 85-93, 2020.
- [15] P. R. Aditya, S. Hendri and H. Y. H. Nur, "FTIR (FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY)," Fakultas Teknik Pamulang, Pamulang, 2017.

- [16] Anam, C. a. Firdausi, K. Sofjan and Sirojudin, "ANALISIS GUGUS FUNGSI PADA SAMPEL UJI, BENSIN DAN SPIRITUS MENGGUNAKAN METODE SPEKTROSKOPI FTIR," *BERKALA FISIKA*, vol. 10, no. 1, pp. 79-85, 2017.
- [17] A. J. Zulfikar, A. Sofyan and M. Y. R. Siahaan, "Numerical Simulation on The Onion Dryer Frame Capacity of 5 kg/hour," *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*, vol. 2, no. 2, p. 86-92, 2018.
- [18] A. J. Zulfikar, B. Umroh and M. Y. Siahaan, "Investigation of Mechanical Behavior of Polymeric Foam Materials Reinforced by Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) Fibers Due to Static and Dynamic Loads," *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*, vol. 3, no. 1, pp. 10-19, 2019.
- [19] Budiarto, "The Effect of Antioxidant Concentration of N-isopropyl-Nphenyl-p-phenylenediamine, and 2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline and Mixing Time of Physical Properties, Thermal Properties, Mechanical Properties and Microstructure on Natural Rubber Compound," in *Chemistry, Chemical Process and Engineering*, Jakarta, 2017.