

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pemetaan Literatur Utama

Berdasarkan hasil pencarian, literatur yang memenuhi kriteria dalam penulisan *literature review* yaitu sebanyak 45 literatur. Literatur yang telah dikumpulkan maka perlu dibaca dan dipahami lebih lanjut, kemudian dirangkum dalam bentuk tabel pemetaan yang dibagi menjadi 2 tabel pemetaan. Pertama yaitu tabel pemetaan yang membahas tentang penggunaan limbah daun nanas dengan metode ekstraksi selulosa, sedangkan pada tabel kedua membahas tentang proses pembuatan kemasan *biobased* atau *biodegradable* dengan karakteristik produk. Tabel penggunaan limbah daun nanas dengan metode ekstraksi selulosa berisikan bagian limbah, bagian serat, kandungan serat, pelarut, waktu, suhu, dan hasil ekstraksi selulosa serat daun nanas dari limbah daun nanas. Tabel proses pembuatan kemasan *biodegradable* dengan karakteristik produk berisi bahan tambahan, komposisi *pineapple leaf fiber* (PALF), komposit, pencetakan kemasan *biobased* atau *biodegradable* (waktu, suhu, dan tekanan), serta karakteristik produk yang dihasilkan (elongasi, kekuatan tarik, modulus young, dan penyerapan air). Peluang dan tantangan yang dijumpai selama proses ekstraksi selulosa dan proses pembuatan kemasan *biobased* atau *biodegradable* dijabarkan dalam bentuk narasi, yang mencakup peluang dan tantangan dari segi potensi karakteristik daun nanas yang digunakan dalam aplikasi kemasan *biobased* atau *biodegradable*. Tabel pemetaan dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

3.2. Penggunaan Limbah Daun Nanas dengan Metode Ekstraksi Selulosa

Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan tentang penggunaan limbah daun nanas yang akan diolah secara ekstraksi untuk menghasilkan serat selulosa.

Tabel 3. Penggunaan Limbah Daun Nanas dengan Metode Ekstraksi Selulosa

No	Bagian Limbah	Komponen Serat	Kandungan Serat	Pelarut	Waktu	Suhu	Hasil		Sumber
							Jenis Serat	Panjang Serat	
1	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	5-8 mm	Kengkhetkit dan Amornsakchai (2012).
2	Daun Nanas	Selulosa	69,5%	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	2-5 mm	Kalambettu <i>et al.</i> (2015)
3	Daun Nanas	Selulosa	70–82%	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	6 mm	Liu <i>et al.</i> (2005)
4	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	3 hari	Tidak ditemukan	Serat pendek	2-5 mm	Jain <i>et al.</i> (2019)
5	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	3 hari	Tidak ditemukan	Serat pendek	1 mm	Smitthipong <i>et al.</i> (2015)
6	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	2 hari	Tidak ditemukan	-	-	Sheikh <i>et al.</i> (2016)
7	Daun Nanas	Selulosa	70-82%	Natrium hidroksida	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	4 mm	Chollakup <i>et al.</i> (2011)

8	Daun Nanas	Selulosa	70-82 %	Tidak ditemukan	3 hari	70 °C	Serat pendek	1-3 mm	Kaewpirom dan Worrarat (2014)
9	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	3 hari	Tidak ditemukan	Serat pendek	5 mm	Kengkhetkit dan Amornsakchai (2014)
10	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Arib <i>et al.</i> (2006)
11	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	Tidak ditemukan	Berzin <i>et al.</i> (2018)
12	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	2 hari	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Kasim <i>et al.</i> (2016)
13	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	3 hari	80 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Feng <i>et al.</i> (2020)
14	Daun Nanas	Selulosa	66,2%	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	3-5 mm	Jahan <i>et al.</i> (2020)
15	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	2 hari	Tidak ditemukan	Serat pendek	1-2 mm	Siakeng <i>et al.</i> (2020)
16	Daun Nanas	Selulosa	70-82%	Natrium hidroksida	2 hari	Tidak ditemukan	Serat pendek	2-4 mm	Mathivanan <i>et al.</i> (2020)
17	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	3 hari	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Feng <i>et al.</i> (2020)
18	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Rahman <i>et al.</i> (2019)
19	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	3 mm	Gebremedhin dan Rotich

(2020)									
20	Daun Nanas	Selulosa	67,12-82%	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	3 mm	Rahman <i>et al.</i> (2019)
21	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	Tidak ditemukan	Aji <i>et al.</i> (2013)
22	Daun Nanas	Selulosa	70-82%	Tidak ditemukan	3 hari	70 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Suwanruji <i>et al.</i> (2017)
23	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	6 mm	Berzin <i>et al.</i> (2019)
24	Daun Nanas	Selulosa	70–82%.	Natrium hidroksida	3 hari	70 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Rahman <i>et al.</i> (2018)
25	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Biswal <i>et al.</i> (2009)
26	Daun Nanas	Selulosa	67,12 – 83%	Natrium hidroksida	2 hari	60 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Rahman <i>et al.</i> (2021)
27	Daun Nanas	Selulosa	70-82%	Natrium hidroksida	3 hari	80 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Motaleb <i>et al.</i> (2018)
28	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	3 mm	Wahyuningsih <i>et al.</i> (2016)
29	Daun Nanas	Selulosa	70 – 82%	Natrium hidroksida	2 hari	60 °C	Serat panjang	30 mm	Ramli <i>et al.</i> (2017)
30	Daun Nanas	Selulosa	70-82%	Natrium hidroksida	Tidak ditemukan	90 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Vaithanomsat <i>et al.</i> (2021)
31	Daun Nanas	Selulosa	80%	Natrium hidroksida	2 hari	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Balacrishnan <i>et al.</i> (2017)

32	Daun Nanas	Selulosa	81%.	Natrium hidroksida	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Shih <i>et al.</i> (2020)
33	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	1-2 mm	Siakeng <i>et al.</i> (2019)
34	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	2 hari	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Razali <i>et al.</i> (2019)
35	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	2 mm	Iriani <i>et al.</i> (2015)
36	Daun Nanas	Selulosa	Tidak ditemukan	Natrium hidroksida	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	6 mm	Sapuan <i>et al.</i> (2011)
37	Daun Nanas	Selulosa	70–82%	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Serat pendek	2-4 mm	Siregar <i>et al.</i> (2019)

Berdasarkan hasil pemetaan pada Tabel 3., didapatkan bahwa kehilangan limbah nanas yang paling banyak digunakan yaitu pada bagian daunnya. Komponen serat yang paling banyak digunakan yaitu serat selulosa dengan komposisi 70–82% (Siregar *et al.*, 2019; Vaithanomsat *et al.*, 2021; Ramli *et al.*, 2017; Motaleb *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2005; Kaewpirom dan Worrarat, 2014; Mathivanan *et al.*, 2020; Suwanruji *et al.*, 2017; Rahman *et al.*, 2018). *Pineapple Leaf Fiber* (PALF) banyak digunakan karena memiliki kekuatan yang tinggi, ramah lingkungan, murah, mudah didapat, dan tidak berbahaya, sehingga tepat untuk aplikasi pengemasan.

Limbah daun nanas yang diekstraksi selulosanya dengan menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) selama 2-3 hari dengan suhu ekstraksi 60°C hingga 90°C dan menghasilkan jenis dan panjang serat yang beragam. Pada proses ekstraksi ini ditemukan adanya keterkaitan antara suhu dan waktu yang digunakan terhadap hasil serat yang diperoleh. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan semakin lama pula waktu yang digunakan dalam proses ekstraksi serat selulosa dari daun nanas. Semakin lama waktu ekstraksi yang digunakan maka menghasilkan serat yang lebih baik dan lebih seragam (Rahman *et al.*, 2018).

Rata-rata jenis serat yang paling banyak dihasilkan dan digunakan pada proses pembuatan kemasan *biodegradable* yaitu jenis serat pendek. Berdasarkan literatur penelitian yang ditemukan hanya satu yang menggunakan hasil ekstraksi dengan jenis serat panjang dan panjang serat 30 mm (Ramli *et al.*, 2017). Panjang serat dari hasil ekstraksi yang digunakan dengan jenis serat pendek memiliki ukuran yang beragam berkisar 1 mm hingga 6 mm. Jenis dan panjang dari serat selulosa daun nanas secara tidak langsung akan mempengaruhi karakteristik produk kemasan *biodegradable* yang akan dihasilkan.

3.3. Proses Pembuatan Kemasan *Biobased* atau *Biodegradable* dengan Karakteristik Produk

Tabel berikut ini merangkum tentang artikel-artikel yang terkait bahan-bahan, komposisi *pineapple leaf fiber* (PALF), *plasticizer*, pencetakan (waktu, suhu, dan tekanan), serta karakteristik dari kemasan *biobased* atau *biodegradable*. Karakteristik yang dimaksud mencakup bahasan tentang elongasi, kekuatan tarik, modulus young, serta penyerapan air dari produk yang dihasilkan.

Tabel 4. Proses Pembuatan Kemasan *Biobased* atau *Biodegradable* dengan Karakteristik Produk

No	Bahan Tambahan	Komposisi PALF	Komposit	Pencetakan Kemasan <i>Biodegradable</i>				Karakteristik			Sumber
				Waktu	Suhu	Tekanan	Elongasi	Kekuatan Tarik	Modulus Young	Penyerapan Air	
1	Gliserol	30 %	Polipropilen (PP)	5 menit	195°C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	36 MPa	2400 MPa	Tidak ditemukan	Kengkhe tkit dan Amorns akchai (2012).
2	Metanol	30 %	Poli vinil alkohol (PVA)	10 menit	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	55 %	27 MPa	Tidak ditemukan	77 %	Kalambe ttu et al. (2015)
3	Tepung kedelai dan gliserol	30 %	Tidak ditemukan	Tidak ditemu kan	130°C	Tidak ditemukan	Tidak ditemuka n	33 MPa	4400 MPa	77 %	Liu <i>et al.</i> (2005)
4	Natrium Hidroksida (NaOH)	30 %	Tidak ditemukan	Tidak ditemu kan	Tidak ditemuka n	Tidak ditemukan	Tidak ditemuka n	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	75%	Jain <i>et al.</i> (2019)

5	Pati singkong dan natrium hidroksida	30 %	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	180°C	15 MPa	55 %	30 MPa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Smithpong <i>et al.</i> (2015)
6	Larutan NaOH	Tidak ditemukan	Asam polilaktat (PLA)	20 menit	175 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	86 MPa	3820 MPa	Tidak ditemukan	Sheikh <i>et al.</i> (2016)
7	Larutan NaOH	25 %	Polipropilen (PP)	3 menit	240 °C	12,5 MPa	3,1 %	41 MPa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Chollakup <i>et al.</i> (2011)
8	NaOH	30 %	Asam polilaktat (PLA)	25 detik	50 °C	70 MPa	0,55 %	15 MPa	4000 MPa	Tidak ditemukan	Kaewpirom dan Worrarat (2014)
9	Gliserol	30 %	Polipropilen (PP)	5 menit	195 °C	3,5 MPa	Tidak ditemukan	45 MPa	4000 MPa	7,7 %	Kengkhetkit dan Amornsakchai (2014)
10	Gliserol	10,8 %	Polipropilen (PP)	5 menit	180 °C	12,4 MPa	10 %	38 MPa	1900 MPa	Tidak ditemukan	Arib <i>et al.</i> (2006)
11	Gliserol	Tidak ditemukan	Polipropilen (PP)	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	37 MPa	1400 MPa	Tidak ditemukan	Berzin <i>et al.</i> (2018)
12	NaOH.	60 %	Polipropilen	7 menit	190 °C	3,5 MPa	Tidak	63 MPa	4800 MPa	Tidak	Kasim <i>et</i>

			(PP)				ditemukan			ditemukan	<i>al.</i> (2016)
13	NaOH	Tidak ditemukan	Polipropilen (PP)	8 menit	175 °C	3,5 MPa	Tidak ditemukan	18 MPa	2000 MPa	Tidak ditemukan	Feng <i>et al.</i> (2020)
14	Serat buah pinang, dan NaOH	50 %	Polipropilen (PP)	15 menit	160 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	38 MPa	2000 MPa	Tidak ditemukan	Jahan <i>et al.</i> (2020)
15	NaOH dan tepung singkong	30 %	Tidak ditemukan	5 menit	170 °C	8 MPa	Tidak ditemukan	5,5 MPa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Mathivanan <i>et al.</i> (2020)
16	Natrium hidroksida (NaOH).	50 %	Polipropilen (PP)	Tidak ditemukan	175 °C	5 MPa	Tidak ditemukan	20,42 MPa	2700 MPa	4,5 %	Feng <i>et al.</i> (2020)
17	Natrium hidroksida (NaOH).	30 %	LDPE (<i>low density polyethylene</i>)	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	20 MPa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Rahman <i>et al.</i> (2019)
18	Natrium hidroksida (NaOH).	30 %	LDPE (<i>low density polyethylene</i>)	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	11,29 MPa	Tidak ditemukan	2,64 %	Gebrem edhin dan Rotich (2020)
19	Natrium hidroksida (NaOH).	30 %	LDPE (<i>low density polyethylene</i>)	5 menit	150 °C	Tidak ditemukan	75 %	19,26 MPa	573 MPa	10 %	Rahman <i>et al.</i> (2019)

20	NaOH	30 %	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	170 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	27 MPa	650 MPa	4,5 %	Aji <i>et al.</i> (2013)
21	NaOH	20 %	LDPE (<i>low density polyethylene</i>)	Tidak ditemukan	160 °C	12,5 MPa	Tidak ditemukan	50 MPa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Suwanruji <i>et al.</i> (2017)
22	NaOH	30 %	Polipropilen (PP)	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	10 %	54 MPa	2600 MPa	Tidak ditemukan	Berzin <i>et al.</i> (2019)
23	Natrium hidroksida	50 %	Polipropilen (PP)	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	4,2 %	20 MPa	1150 MPa	Tidak ditemukan	Rahman <i>et al.</i> (2018)
24	NaOH	30 %	Polipropilen (PP)	Tidak ditemukan	190 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	30 MPa	3812 MPa	Tidak ditemukan	Biswal <i>et al.</i> (2009)
25	Natrium hidroksida	Tidak ditemukan	LDPE (<i>low density polyethylene</i>)	Tidak ditemukan	115 °C	Tidak ditemukan	40 %	35 MPa	1300 MPa	Tidak ditemukan	Rahman <i>et al.</i> (2021)
26	Natrium hidroksida	30 %	Polipropilen (PP)	5 menit	180 °C	Tidak ditemukan	14 %	61 MPa	1069 MPa	1,93 %	Motaleb <i>et al.</i> (2018)
27	Natrium hidroksida	Tidak ditemukan	Asam polilaktat (PLA)	10 menit	175 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	114,03 MPa	5700 MPa	Tidak ditemukan	Ramli <i>et al.</i> (2017)
28	Natrium hidroksida.	7,5 %	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	3 %	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Vaithan omsat <i>et</i>

kan n											<i>al.</i> (2021)
29	NaOH	30 %	Asam polilaktat (PLA)	10 menit	180 °C	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	21,86 MPa	5110 MPa	Tidak ditemukan	Siakeng <i>et al.</i> (2019)
30	NaOH dan gliserol	30 %	Tidak ditemukan	15 menit	165 °C	3,5 MPa	Tidak ditemukan	11 MPa	550 MPa	45 %	Razali <i>et al.</i> (2019)
31	NaOH dan gliserol	30 %	Polivinil Alkohol (PVA)	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	70 %	20 MPa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Iriani <i>et al.</i> (2015)
32	<i>Maleic Anhydride Polyethylene</i> (MAPE) (10%)	15 %	Asam polilaktat (PLA)	Tidak ditemukan	190 °C	15 MPa	Tidak ditemukan	34,60 MPa	Tidak ditemukan	Tidak ditemukan	Siregar <i>et al.</i> (2019)

Pada Tabel 4., di atas dapat dilihat bahwa *plasticizer* yang digunakan dalam proses pembuatan kemasan *biobased* atau *biodegradable* ini sangat beragam, tetapi umumnya peneliti menggunakan gliserol (Liu *et al.*, 2005; Smitthipong *et al.*, 2015; Wahyuningsih *et al.*, 2016; Razali *et al.*, 2019; Iriani *et al.*, 2015). Pada proses pembuatan kemasan *biodegradable* yang menggunakan *plasticizer* berupa *Maleic Anhydride Polyethylene* (MAPE) yaitu pada penelitian dari Sinegar *et al.* (2019). Porsi serat daun nanas yang digunakan umumnya yaitu sebesar 30% karena dianggap sebagai porsi yang optimum dalam pembuatan kemasan *biobased* atau *biodegradable*. Pembuatan kemasan *biobased* atau *biodegradable* menggunakan bahan tambahan yang berbeda dan komposisi serat daun nanas yang berbeda-beda, dengan proses pembuatan yang juga sangat beragam. Suhu yang digunakan dalam proses pencetakan kemasan *biobased* atau *biodegradable* rata-rata memerlukan waktu selama 5 menit hingga 15 menit. Tekanan yang digunakan untuk pencetakan rata-rata berkisar 3,5 MPa - 15 MPa, dengan suhu berkisar 130°C hingga 195°C. Pada tabel yang tergolong sebagai kemasan *biodegradable* yaitu dengan penambahan komposit PLA dan PVA, sedangkan untuk kemasan *biobased* yaitu dengan penambahan komposit PP dan LDPE.

Karakteristik dari produk yang dihasilkan mencakup elongasi, kekuatan tarik, modulus young, dan penyerapan air yang dihasilkan sangat beragam pada setiap penelitian. Elongasi yang dihasilkan rata-rata yaitu sebesar 55% . Perpanjangan putus yang dihasilkan pada penelitian dari Motaleb *et al.*, (2018) yaitu sebesar 14% dengan proporsi *pineapple leaf fiber* (PALF) sebesar 30%, sedangkan perpanjangan pada penelitian Rahman *et al.* (2018) yaitu sebesar 4,2% dengan proporsi *pineapple leaf fiber* (PALF) sebesar 50%. Penurunan dari perpanjangan komposit karena adanya penambahan serat nanas, sehingga perpanjangan putus menurun yang menunjukkan komposit menjadi rentan setelah penambahan serat. Persen perpanjangan putus sebesar 3%, hal ini dikarenakan setelah adanya perlakuan alkali berupa natrium hidroksida karena dapat meningkatkan tingkat kekakuan dari komposit (Vaithanomsat *et al.*, 2021). Selain itu, penambahan gliserol menghasilkan nilai elongasi atau perpanjangan yang tinggi yaitu sebesar

70% (Iriani *et al.*, 2015).

Kekuatan tarik yang dihasilkan pada setiap penelitian memiliki nilai yang berbeda-beda yaitu rata-rata sebesar 30 MPa hingga 45 MPa. Modulus young yang dihasilkan pada setiap penelitian memiliki nilai yang berbeda-beda yaitu rata-rata berkisar 1000 MPa hingga 5000 MPa. Pembuatan kemasan *biodegradable* dengan bahan tambahan *Poly lactic acid* (PLA) dan natrium hidroksida (NaOH) ditemukan memiliki kekuatan tarik paling tinggi yaitu 114,03 MPa dan modulus young paling tinggi dibanding bahan tambahan lainnya yaitu sebesar 5700 MPa (Ramli *et al.*, 2017). Kemampuan penyerapan air yang dihasilkan pada setiap penelitian memiliki nilai yang berbeda-beda yaitu rata-rata sebesar 77%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Feng *et al.* (2020), memiliki hasil penyerapan air pada komposit yang diperkuat dengan *pineapple leaf fiber* (PALF) sebanyak 50% mengalami penurunan yaitu sebesar 4,5 %. Penyerapan air pada penelitian dari Razali *et al.* (2019) sebesar 45%, hal ini dikarenakan adanya penambahan *plasticizer* berupa gliserol.