

Pemanfaatan Limbah Biomassa Sebagai Plastik Biodegradable Yang Diaplikasikan Pada *Food Packaging* Ransum Tni

Sovian Aritonang¹, Fajar Ismail Rhomadon^{2*}, Amadea Kenyoning Hapsari Subiakto³, & Ardine Kusuma Nismarawati⁴

^{1,2,3,4}. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer

Universitas Pertahanan Republik Indonesia

*Email: jayfajar1911@gmail.com

ABSTRACT

The use of conventional plastic in process manufacture of Indonesian National Army (TNI) ration packaging has become an unavoidable standard because it provides strength, resilience and durability which is very important for protecting food and other materials. However, the use of conventional plastic in making ration packaging has become an increasingly pressing problem, especially regarding environmental sustainability. To overcome this problem, conventional plastic must be replaced with environmentally friendly plastic (biodegradable plastic). The method used is a literature review by comparing the Indonesian National Standards with literature from various journals. The results of in literature research show that there is no biodegradable plastic that meets SNI 7818:2014. The mechanical properties and biodegradability of biodegradable plastics are influenced by the concentration of additives such as plasticizers and fillers, such as glycerol and chitosan.

Keywords: Biomassa, ransum TNI, plastik biodegradable

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, menempati peringkat keempat secara global dalam hal kepadatan penduduk. Terletak di Asia dan mengalami iklim tropis karena lokasinya di sepanjang garis khatulistiwa. Kondisi iklim ini berdampak signifikan terhadap kekayaan sumber daya alam Indonesia yang melimpah. Negara dapat menggunakan sumber daya dan kemampuannya untuk menjaga kedaulatannya[1]. Menurut Agus (2015)[2], pertahanan negara mencakup segala upaya untuk menegakkan kedaulatan negara, menjaga keutuhan wilayah, dan melindungi seluruh penduduk dari ancaman, gangguan, hambatan, dan tantangan yang dapat membahayakan kelangsungan hidup bangsa. Oleh karena itu, Tentara Nasional Indonesia (TNI AD) akan konsisten berpartisipasi dalam operasi militer dalam lingkungan operasional yang melibatkan entitas lokal, domestik, dan internasional.

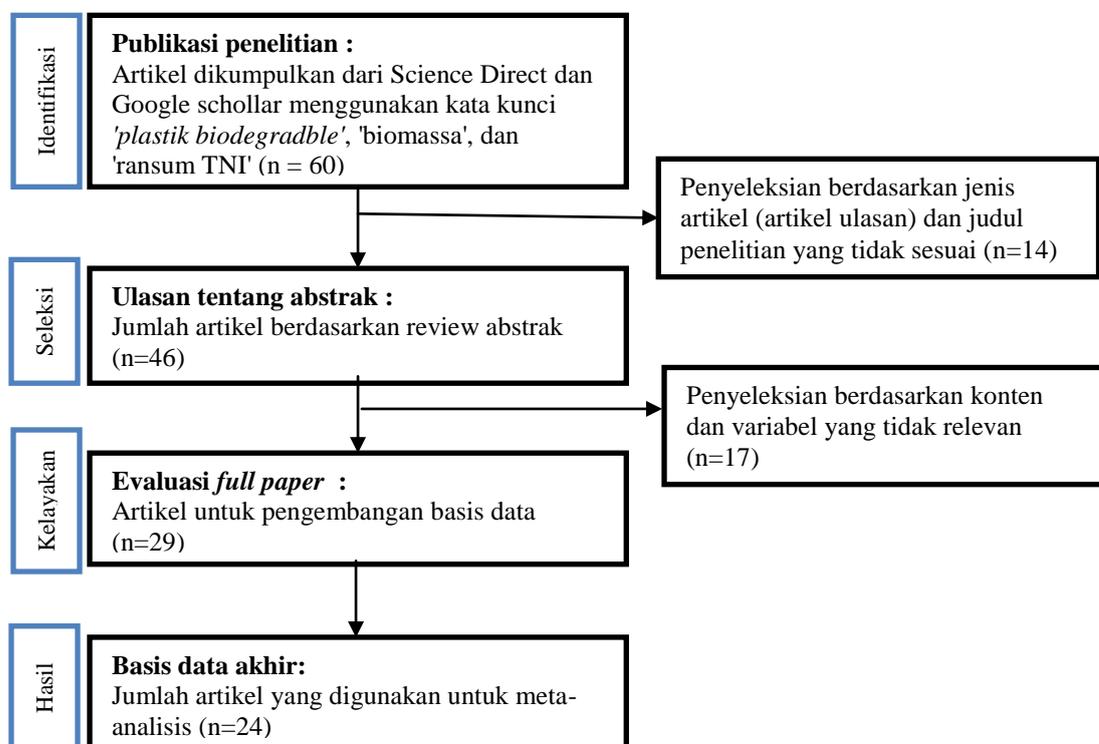
Dalam operasional militer Tentara Nasional Indonesia (TNI), aspek ketahanan pasokan makanan merupakan hal yang krusial. Prajurit TNI di lapangan bergantung pada ransum yang andal dan berkualitas tinggi untuk menjalankan tugas mereka dengan baik. Penggunaan plastik konvensional dalam pembuatan kemasan ransum telah menjadi standar yang tidak dapat dihindari dalam pasukan Tentara Nasional Indonesia (TNI) dengan menawarkan kekuatan, ketahanan, dan daya tahan yang sangat dibutuhkan dalam melindungi makanan dan material lainnya[3]Namun, isu mengenai keberlanjutan penggunaan plastik ini telah menjadi fokus perhatian di seluruh dunia. Penggunaan plastik konvensional dalam pembuatan kemasan ransum telah menjadi masalah yang semakin mendesak. Plastik konvensional, yang biasanya terbuat dari minyak bumi, memiliki sejumlah masalah lingkungan yang signifikan. Salah satu masalah utama adalah ketahanannya terhadap degradasi alami yang sangat lambat [4]. Oleh karena itu bisa menghambat para tni dalam operasi karena kemasan yang digunakan pada ransum tni akan meninggalkan jejak.

Penting untuk dicatat bahwa prajurit TNI diharapkan untuk tidak meninggalkan jejak atau sampah selama pelaksanaan tugas mereka, termasuk jejak ransum(kalau ada pakai sitasi). Namun, penggunaan plastik konvensional dalam kemasan ransum yang sulit terurai dalam lingkungan menjadi tantangan, karena dapat meninggalkan dampak lingkungan yang tidak diinginkan. Dalam konteks ini, konsep plastik biodegradable yang dapat dihasilkan dari limbah biomassa menjadi solusi yang menarik[5]. Indonesia memiliki sumber daya limbah biomassa yang melimpah, seperti

sisa-sisa pertanian, peternakan, dan perkebunan. Limbah ini sering kali tidak dimanfaatkan sepenuhnya dan dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan bijak. Memanfaatkan limbah biomassa sebagai bahan baku untuk plastik biodegradable adalah langkah yang berkelanjutan dan sesuai dengan komitmen TNI untuk tidak meninggalkan jejak sampah.

Plastik biodegradable adalah jenis plastik yang dapat mengalami degradasi alami dalam lingkungan melalui proses biologi setelah digunakan. Ini berarti bahwa plastik tersebut dapat terurai secara alami tanpa meninggalkan residu yang merusak lingkungan [6]. Dengan penggunaan plastik biodegradable dalam kemasan ransum, prajurit TNI dapat memenuhi tugas mereka sambil meminimalkan dampak lingkungan yang merusak. Oleh karena itu, latar belakang ini menyoroti pentingnya eksplorasi konsep plastik biodegradable dari limbah biomassa dalam konteks aplikasi ransum TNI. Langkah ini merupakan upaya konkret untuk mendukung prajurit TNI dalam menjalankan tugas mereka tanpa meninggalkan jejak ransum dan sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan.

METODE PENELITIAN



Tinjauan ini dibuat menggunakan metode kajian pustaka (*review literature*). Kajian pustaka adalah metode pengkajian atau peninjauan secara kritis semua ide, pengetahuan, dan penemuan baru dalam literatur yang kredibel sehingga dapat menjawab pertanyaan yang menjadi tujuan dari tulisan penelitian [7]. Data hasil penelitian dikumpulkan, disusun, dan dikelompokkan, dan dibandingkan dengan standar yang berlaku untuk menyelesaikan penelitian. Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk Kantong Plastik Mudah Terurai digunakan. Penelusuran artikel-artikel ilmiah yang terpublikasi dilakukan menggunakan google, google scholar, dan researchgate dengan kata kunci bioplastik, plastik biodegradable, filler, plasticizer, dan limbah tanaman pangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian Pengemasan makanan merupakan faktor yang penting dalam menjaga kondisi makanan agar selalu dalam kondisi baik. Pengemasan makanan merupakan usaha untuk melindungi bahan pangan dari penyebab kerusakan bahan pangan oleh karena fisik, kimia, dan biologis, sehingga makanan sampai ke tangan konsumen dalam keadaan baik dan aman dikonsumsi. Plastik merupakan bahan baku utama yang digunakan dalam proses pengemasan makanan karena memiliki nilai ekonomis dan ergonomis yang baik. Penggunaan plastik sebagai bahan utama pengemasan makanan menimbulkan beberapa resiko bagi pengguna dan khususnya lingkungan sekitar. Kelemahan dari penggunaan plastik dapat menyebabkan transfer senyawa-senyawa dari degradasi polimer, residu pelarut, dan biopolimerisasi ke bahan pangan sehingga dapat menimbulkan resiko toksik dan mencemari lingkungan [8].

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, plastik menjadi topik yang sangat krusial. Indonesia masuk kedalam peringkat kedua didunia sebagai penghasil sampah plastik ke laut setelah Tiongkok. Berdasarkan data yang diperoleh dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS), sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton/tahun dimana sebanyak 3,2 juta ton merupakan sampah plastik yang dibuang ke laut [9]. Menurut Gironi dan Piemonte pada tahun 2011 jika dibakar, plastik akan menghasilkan emisi karbon yang mencemari lingkungan. Salah satu usaha untuk mengurangi masalah sampah plastik yaitu dengan membuat plastik yang dapat didegradasi atau dikenal dengan plastik biodegradable [10].

Plastik biodegradable merupakan jenis plastik yang dapat digunakan seperti plastik biasa namun akan terurai oleh aktivitas mikroba setelah dilepaskan ke lingkungan. Plastik konvensional biasanya terbuat dari minyak bumi, gas alam atau batu bara. Sedangkan plastik biodegradable terbuat dari bahan terbarukan terutama dari senyawa yang terdapat pada tumbuhan atau hewan, misalnya pati, selulosa dan protein [10]. Terdapat beberapa faktor yang dapat dijadikan acuan sebagai pemilihan prioritas bahan baku bioplastik biodegradable yang terdiri atas kandungan pati, kandungan amilosa, dan kandungan amilopektin. Berdasarkan data pada tabel 3, terdapat 2 faktor yang menjadi kriteria dalam pemilihan prioritas bahan baku bioplastik menggunakan AHP yang terdiri dari kuat daya tarik dan lama degradasi.

Tabel 1. Data kandungan Pati, Amilosa, Amilopektin pada berbagai limbah biomassa

| No | Limbah Biomassa | Referensi | Pati (%) | Amilosa (%) | Amilopektin (%) |
|----|--------------------|-----------|----------|-------------|-----------------|
| 1. | kulit singkong | [11] | 93,46 | 9,64 | 93,46 |
| 2. | kulit pisang | [12] | 12,1 | 23 | 74 |
| 3. | Tongkol jagung | [13] | 74 | 24,64 | 72 |
| 4. | Sabut kelapa | [14] | 33,64 | 17 | 83 |
| 5. | kulit kentang | [15] | 25 | 25 | 75 |
| 6. | Ampas tebu | [16] | 21,33 | 28 | 72 |
| 7. | kulit kacang hijau | [17] | 30 | 28,8 | 71,2 |
| 8. | Biji alpukat | [18] | 19,54 | 39,56 | 60,44 |

Pati, amilosa, dan amilopektin adalah komponen-komponen penting dalam plastik yang berbasis pati. Berikut adalah penjelasan tentang peran masing-masing dalam plastik:

1. Pati: Pati adalah polimer alami yang berasal dari tumbuhan seperti jagung, gandum, kentang, dan lainnya. Ini adalah komponen utama dalam plastik berbasis pati. Pati terdiri dari dua komponen utama: amilosa dan amilopektin.
2. Amilosa: Amilosa adalah komponen linear dalam pati. Ini terdiri dari rantai polimer glukosa yang saling terkait. Amilosa memiliki sifat-sifat seperti:
 - Meningkatkan kekuatan plastik.
 - Meningkatkan transparansi plastik.
 - Memberikan ketahanan terhadap air.
 - Meningkatkan biodegradabilitas karena lebih mudah diurai oleh mikroorganisme dalam lingkungan alam.

3. Amilopektin: Amilopektin adalah komponen bercabang dalam pati. Ini terdiri dari rantai utama glukosa yang memiliki cabang-cabang yang menghubungkan rantai-rantai tersebut. Amilopektin memberikan plastik sifat-sifat seperti:
- Meningkatkan elastisitas plastik.
 - Membantu dalam pembentukan film plastik.
 - Meningkatkan daya tahan terhadap suhu tinggi.
 - Meningkatkan daya tahan mekanik pada plastik.

Berdasarkan Tabel 1. Kandungan pati terbanyak diperoleh kulit singkong dengan konsentrasi pati 93.46%. Kandungan pati yang tinggi akan meningkatkan jumlah produk yang dihasilkan. Semakin banyak konsentrasi pati yang ditambahkan, semakin lemah kekuatan tarik film plastik. Terlalu banyak pati membuat film rapuh dan mudah sobek. semakin tinggi nilai kandungan Amilosa pada pati maka sifat dari perpanjangan (Elongase) juga besar. Kadar amilosa tinggi pada pati dapat menghasilkan plastik biodegradable yang lentur dan kuat. Ini karena struktur amilosa memungkinkan ikatan hidrogen terbentuk di antara molekul glukosa penyusunnya dan dapat membentuk jaringan tiga dimensi selama pemanasan yang dapat memerangkap air dan menghasilkan gel yang kuat [19].

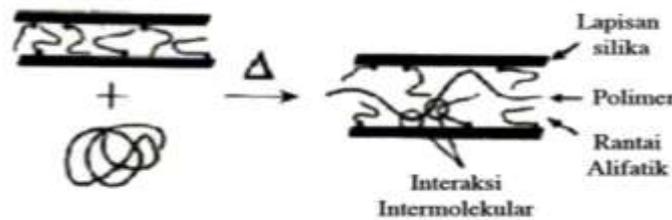
Tabel 2. Metode-metode yang digunakan pada pembuatan plastik biodegradable dari limbah biomassa.

| No | Jenis Pati | Plasticiezer | Filler | Metode Pembuatan | Referensi | Hasil Penelitian Sampel Terbaik |
|----|--------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------|---|
| 1 | Kulit singkong | Gliserol | kitosan | Melt intercalation | [20] | Kitosan 4% dengan gliserol 3 ml |
| 2 | Kulit pisang | Gliserol | Kitosan dan minyak sereh | Melt intercalation | [21] | 20% gliserol dan 30% minyak sereh |
| 3 | Tongkol jagung | Sorbitol | Kitosan | Melt intercalation | [22] | 50% sorbitol dan 20% kitosan |
| 4 | Sabut Kelapa | Gliserol dan CMC | Kitosan | Melt intercalation | [23] | Gliserol 0,5% dan CMC 2% |
| 5 | Kulit kentang | Sorbitol | kalsium karbonat dan kalsium silikat | Melt intercalation | [24] | 30% Sorbitol, kalsium karbonat 4%, dan kalsium silikat 6% |
| 6 | Ampas tebu | Gliserol | Kitosan | Melt intercalation | [16] | gliserol 0,5% dan selulosa ampas tebu 5% |
| 7 | Kulit kacang hijau | gliserol | Kitosan | Melt intercalation | [17] | pati-aquades-gliserol 20% |
| 8 | Biji Alpukat | Gliserol | Kitosan | Melt intercalation | [25] | penambahan gliserol 8ml |

Plastik biodegradable adalah jenis plastik yang dapat terurai secara alami dalam lingkungan. Plastik biodegradable banyak terbuat dari bahan-bahan seperti pati, gula, tepung, atau minyak nabati. Ketika plastik biodegradable dibuang sebagai limbah, mereka cenderung terurai lebih cepat daripada plastik konvensional. dalam pembuatan plastik biodegradable digunakan metode melt intercalation. melt intercalation merupakan teknik inversi fasa dengan cara menguapkan pelarut setelah dicetak pada pelat kaca. Cara produksi ini didasarkan pada prinsip termodinamika larutan, dimana keadaan awal larutan stabil kemudian mengalami destabilisasi (penguraian), dari cair menjadi padat. Proses solidifikasi diawali dengan peralihan dari fasa cair ke fasa bilyquid (pencampuran cair-cair) sehingga

pada tahap tertentu fasa ini membentuk padatan [26]. Metode interkalasi lelehan pertama kali dijelaskan oleh Vaia dkk. Proses pembuatan bioplastik dengan metode ini tidak memerlukan penambahan Plasticizers dan filler.

Melt intercalation merupakan metode yang ramah lingkungan karena tidak menggunakan pelarut organik yang dapat menjadi limbah, sedangkan metode eksfoliasi, polimerisasi interkalasi in situ, dan metode interkalasi larutan menggunakan pelarut tersebut. Selain itu, Melt intercalation juga kompatibel dengan proses industri seperti pencetakan injeksi. Pada proses Melt intercalation, produksi bioplastik dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kekerasan material, terutama dengan pemanasan dan pendinginan material [27]. Intercalation yang tampak dari dua lapisan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Melt Intercalation di antara dua lapisan [28]

Plasticizers and filler memiliki peran penting dalam produksi plastik yang dapat terurai secara hayati. Plasticizers ditambahkan untuk meningkatkan fleksibilitas dan daya tahan plastik, sedangkan filler ditambahkan untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Penambahan bahan filler dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan plastik, tetapi juga dapat menurunkan elongasi [29]. Sementara itu, penambahan plasticizers dapat meningkatkan kemampuan plastik untuk terurai secara alami. Beberapa contoh plasticizers yang digunakan dalam produksi plastik biodegradable adalah gliserol dan sorbitol. Beberapa contoh bahan filler yang digunakan dalam produksi plastik biodegradable adalah karboksimetil selulosa, kenaf, serat nano selulosa, selulosa mikrokristalin, tandan kosong kelapa sawit, kalsium karbonat, silika, seng oksida, kitosan, dan lempung.

Berdasarkan data dari beberapa jurnal referensi yang telah di dapatkan gliserol merupakan plasticizer yang banyak digunakan dalam pembuatan plastik biodegradable. Menurut [30] gliserol merupakan plasticizer yang cocok digunakan untuk bahan yang bersifat hidrofobik. peran gliserol sebagai plasticizer yakni meningkatkan fleksibilitas film, permukaan film lebih halus, selain itu gliserol dapat meningkatkan kemampuan edible film dalam mengurangi laju transmisi uap air. edible film adalah salah satu bentuk pengemasan berbahan dasar biopolimer dan bahan tambahan pangan yang aman untuk dikonsumsi serta aman untuk lingkungan. polisakarida yang dimanfaatkan sebagai bahan dasar edible film dapat dimanfaatkan untuk mengatur udara sekitar dan memberi ketebalan untuk pembuatan edible film. gliserol akan mengikat polisakarida yang digunakan sebagai bahan baku edible film memungkinkan untuk digunakan sebagai pengemas makanan yang sekaligus dapat dimakan bersama produk yang dikemas di dalamnya. sedangkan plasticizer yang berbahan dasar sorbitol dipilih karena sorbitol merupakan jenis plasticizer yang lebih efektif karena memiliki kelebihan untuk menguraikan ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler. Hal tersebut baik untuk menghambat penguapan air dari produk, dapat larut dalam tiap-tiap rantai polimer sehingga dapat mempermudah gerakan molekul polimer, sifat permeabilitas O₂ yang lebih rendah, tersedia dalam jumlah yang banyak, dan memiliki nilai ekonomis lebih baik dibandingkan [31]. Plastik biodegradable yang menggunakan plasticizer berbahan dasar sorbitol dinilai memiliki kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan gliserol.

Menurut penelitian Widyaningrum *et al.*, (2020) [32], sifat mekanik bioplastik dipengaruhi oleh penambahan filler. Peningkatan komposisi filler akan meningkatkan kekuatan tarik dan modulus young, tetapi akan mengurangi elongasi pada bioplastik serta laju biodegradasi bioplastik juga dipengaruhi oleh penambahan filler. Pada tabel 2, filler kitosan digunakan untuk seluruh sampel. Kitosan merupakan biopolimer yang dibuat dari kulit dan kepala katak, lobster, dan kerang. Kitosan

dapat meningkatkan ketegangan (kjba) dan mengurangi sifat hidrofili film bioplastik berbasis amandel. Dalam pembuatan plastik biodegradable, menambahkan kitosan dapat mengurangi penyerapan air dan menurunkan biodegradabilitas plastik (ajns). Misalnya, biodegradabilitas dan kekuatan plastik dapat ditingkatkan dengan menambahkan 20% kitosan ke tongkol jagung [22].

Semakin banyak kitosan yang ditambahkan, semakin sedikit kadar air yang terserap, sehingga ketahanan airnya akan semakin baik, karena struktur kristal kitosan terdiri dari ikatan hidrogen intramolekuler dan intermolekuler serta kitosan bersifat hidrofobik, yang menurunkan kadar air tersebut. Sehingga penambahan kitosan ke plastik biodegradable dapat memberikan dampak positif dengan memperbaiki sifat-sifatnya, terutama dalam hal kekuatan mekanis dan biologis. Adanya kelompok fungsional dalam kitosan membuatnya memiliki reaktivitas kimia tinggi yang dapat menyebabkan pembentukan ikatan hidrogen antara kitosan dan pati. Interaksi ini memiliki kemampuan untuk meningkatkan sifat mekanis bioplastik yang terbuat dari pati dan kitosan, yaitu meningkatkan kekuatan tegangan mereka dan meningkatkan kemampuan mereka untuk biodegradable.

Hal terpenting pada plastik biodegradable yaitu kemampuan plastik tersebut untuk dapat terdegradasi sendiri dengan baik dan cepat. Oleh karena itu, penambahan kitosan diperlukan untuk meningkatkan kemampuan degradasi. Selain itu penggunaan gliserol dan sorbitol juga mempengaruhi daya kuat tarik plastik

Tabel 3. Data Kekuatan Kealastisan dan Lama Waktu Degradasi pada berbagai limbah biomassa.

| No | Bahan Baku | Kuat Tarik (MPa) | Lama Degradasi | Sumber |
|----|--------------------|------------------|----------------|--------|
| 1. | Kulit Singkong | 0,021 | 3 - 7 hari | [20] |
| 2. | Kulit Pisang | 8,55 | 44 hari | [10] |
| 3. | Tongkol Jagung | 2,7750 | 9 hari | [21] |
| 4. | Sabut kelapa | 12,173 | 14 hari | [23] |
| 5. | Kulit kentang | 2,61 | 15 hari | [24] |
| 6. | Ampas tebu | 7,68 | 10 hari | [16] |
| 7. | Kulit kacang hijau | 5,83 | 6 hari | [17] |
| 8. | Biji Alpukat | 4,00 | 16 hari | [25] |

Plastik biodegradable dari limbah tanaman pangan diharapkan selain dapat mengurangi pencemaran lingkungan juga untuk menambah nilai keamanan dari prajurit yang sedang melaksanakan tugas operasi. Salah satu tujuan dibuatnya plastik biodegradable yaitu sebagai kantong plastik biodegradable untuk pengganti kantong plastik sintesis sekali pakai yang persyaratannya terlampir pada Tabel 4.

Tabel 4. Syarat kantong plastik sesuai standar SNI 7818:2014

| No | Parameter | Satuan | Persyaratan |
|----|--------------------------------|--------|-------------------------|
| 1 | Kuat tarik (<i>at break</i>) | MPa | Min. 13,7 (ASTM D 882) |
| 2 | Kemuluran | % | 400 – 1120 (ASTM D 882) |
| 3 | Kemudahan Terurai | % | < 5 (ASTM G51) |

Kuat Tarik (tensile strength) atau kuat regang merupakan capaian tarikan maksimum dari benda yang didapatkan sebelum terputus. Menurut Anandito., (2012) dan Unsa & Paramastri., (2018)[33][34], parameter tensile strength ini berguna untuk mengetahui besaran gaya maksimal yang dapat dicapai per satuan luas area plastik untuk meregang atau memanjang. Dalam SNI 7818:2014 (Tabel 4), syarat minimum kuat tarik untuk kantong plastik mudah terurai adalah 13,7 MPa atau 139,74 kgf/cm². Dari Tabel 3. belum ada penelitian yang menghasilkan plastik biodegradable yang memenuhi syarat. Penelitian yang menghasilkan plastik mudah terurai namun memiliki kuat tarik yang cukup tinggaidibanding yang lain dan hampir memenuhi standar SNI hanyalah penelitian oleh Permadi., (2019)[23], yang menghasilkan plastik biodegradable dari Sabut kelapa dan plasticizer Gliserol dan CMC dengan kuat tarik 12,173 MPa.

Biodegradability dalam hal bioplastik merupakan kemampuan suatu material untuk terdegradasi

dan terdekomposisi secara alami oleh media tanah, air, ataupun udara. Agar bioplastik dapat digunakan sebagai kantong belanja yang mudah terurai (biodegradable) Menurut SNI 7188.8:2016, maka bioplastik harus memiliki pertumbuhan mikroba pada permukaan plastik >60 % selama 1 minggu serta perlu diverifikasi menggunakan metode uji yang sesuai dengan ASTM G21. ASTM G21 adalah tes kualitatif untuk menentukan ketahanan bahan polimer terhadap pertumbuhan jamur dengan menggunakan spora konsentrasi tinggi dari lima spesies jamur yang berbeda. Kebanyakan zat aditif, termasuk stabilizer, selulosa, plasticizer, pelumas, dan colorants, sangat rentan terhadap mikroba. Dalam penelitian yang sering dilakukan sebelumnya, hampir semua penelitian masih menggunakan metode pengujian kuburan tanah (*Soil Burial Test Method*). Metode ini dilakukan dengan mengubur sampel plastik dengan berat tertentu ke media tanah selama waktu tertentu, kemudian ditimbang kembali untuk mengetahui berapa persen sampel yang telah hancur [35]. Dari Tabel 3, plastik biodegradable dari kulit singkong oleh Anita *et al.*, (2013) mampu terdegradasi dalam 3-7 hari namun memiliki kuat tarik hanya sebesar 0,021 Mpa yang sangat jauh dari standar SNI 7818:2014. Komponen dalam plastik, seperti komposisi selulosa atau pati, zat aditif seperti gliserol (plasticizer), dan filler tambahan untuk meningkatkan sifat mekanik plastik seperti kitosan, adalah salah satu faktor yang mempengaruhi biodegradabilitas plastik ini. Penambahan kitosan selain untuk memperbaiki sifat mekanik juga dapat mempengaruhi biodegradabilitas plastik. Hal ini disebabkan oleh kuat tarik yang tinggi, yang biasanya ditunjukkan oleh ikatan rantai hidrogen yang kuat, sehingga mikroba sulit mendegradasi. Sifat antimikroba dan hidrofobik kitosan juga membuat degradasi lebih cepat [36].

KESIMPULAN

Meskipun plastik berbasis biomassa menawarkan alternatif yang lebih berkelanjutan dibandingkan dengan plastik konvensional, penggunaan dan pengembangannya masih menghadapi tantangan yang perlu diatasi untuk mencapai penggunaan yang lebih luas dan berkelanjutan yang memenuhi standar SNI 7818:2014. Dari beberapa penelitian yang dijadikan bahan studi literatur, belum didapatkan plastik biodegradable/bioplastik yang memenuhi syarat sesuai standar SNI 7818:2014 (Badan Standardisasi Nasional, 2014). Selain konsentrasi pati dan selulosa dalam limbah tanaman pangan, proses sintesis yang ideal serta penambahan zat aditif seperti plasticizer dan filler sangat memengaruhi hasil plastik biodegradable. Untuk itu agar dihasilkan plastik biodegradable yang efisien dari limbah biomassa, penelitian lebih lanjut diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. O. Alfiani, "Upaya Pelestarian Kekayaan Alam Indonesia Berlandaskan Nilai-Nilai Pancasila," *Jurnal Pancasila dan Bela Negara*, vol. 2, no. 2, 2022.
- [2] A. A. Agus, "Urgensi Ketahanan Nasional Sebagai Geostrategi Indonesia," *Jurnal Integrasi*, vol. 1, no. 2, pp. 247–257, 2015.
- [3] Y. Dewi and T. Raharjo, "Aspek hukum bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan serta solusinya," *Kosmik Hukum*, vol. 19, no. 1, 2019.
- [4] N. Karuniastuti, "Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan," *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, vol. 3, no. 1, 2013.
- [5] S. Haryati, A. S. Rini, and Y. Safitri, "Pemanfaatan biji durian sebagai bahan baku plastik biodegradable dengan plasticizer giserol dan bahan pengisi CaCO₃," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 23, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [6] B. L. Tardy, J. J. Richardson, L. G. Greca, J. Guo, J. Bras, and O. J. Rojas, "Advancing bio-based materials for sustainable solutions to food packaging," *Nature Sustainability*, vol. 6, no. 4, pp. 360–367, 2023.
- [7] E. A. Cahyono, N. Sutomo, and A. Hartono, "Literatur review; panduan penulisan dan penyusunan," *Jurnal Keperawatan*, vol. 12, no. 2, p. 12, 2019.
- [8] F. C. Ismaya, T. Y. Hendrawati, and M. Kosasih, "Pemilihan Prioritas Bahan Baku Plastik Biodegradable Dengan Metode Analytical Hierarkhi Process (AHP)," *Prosiding Semnastek*,

- 2019.
- [9] N. L. P. Juniartini, "Pengelolaan sampah dari lingkup terkecil dan pemberdayaan masyarakat sebagai bentuk tindakan peduli lingkungan," *Jurnal Bali Membangun Bali*, vol. 1, no. 1, pp. 27–40, 2020.
- [10] F. Gironi and V. Piemonte, "Bioplastics and petroleum-based plastics: strengths and weaknesses," *Energy sources, part a: recovery, utilization, and environmental effects*, vol. 33, no. 21, pp. 1949–1959, 2011.
- [11] R. A. Mudaffar, "Karakteristik Edible Film Dari Limbah Kulit Singkong Dengan Penambahan Kombinasi Plasticizer Serta Aplikasinya pada Buah Nanas Terolah Minimal," *Journal TABARO Agriculture Science*, vol. 4, no. 2, pp. 473–483, 2021.
- [12] R. Andriani, F. H. Hamzah, and S. Fitriani, "Variasi Konsentrasi Gliserol Pada Pembuatan Edible Film Pati Kulit Pisang Barangan (*Musa Acuminata* Linn.)," *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Pertanian*, vol. 7, pp. 1–17, 2020.
- [13] A. A. B. A. Mohammed *et al.*, "Corn: Its Structure, Polymer, Fiber, Composite, Properties, and Applications," *Polymers*, vol. 14, no. 20, p. 4396, 2022.
- [14] O. A. M. Ali, L. Buchori, and M. Djaeni, "Quality Improvement of Charcoal Briquette from Modified Coconut Shell as a Solid Fuel Source with the Starch Adhesive".
- [15] S. Khanal *et al.*, "Sustainable utilization and valorization of potato waste: state of the art, challenges, and perspectives," *Biomass Conversion and Biorefinery*, pp. 1–26, 2023.
- [16] E. KUSTIYAH, D. NOVITASARI, L. A. WARDANI, H. HASAYA, and M. WIDIANTORO, "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu untuk Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Metode Melt Intercalation: Utilization of Sugarcane Bagasses for Making Biodegradable Plastics with the Melt Intercalation Method," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 24, no. 2, pp. 300–306, 2023.
- [17] A. Asngad, R. Amelia, and N. Aeni, "Pemanfaatan Kombinasi Kulit Kacang Dengan Bonggol Pisang Dan Biji Nangka Untuk Pembuatan Plastik Biodegradable Dengan Penambahan Gliserol," *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, vol. 4, no. 1, pp. 11–19, 2018.
- [18] S. H. F. Martins, K. V Pontes, R. L. Fialho, and F. M. Fakhouri, "Extraction and characterization of the starch present in the avocado seed (*Persea americana* mill) for future applications," *Journal of Agriculture and Food Research*, vol. 8, p. 100303, 2022.
- [19] K. Nisah, "Study pengaruh kandungan amilosa dan amilopektin umbi-umbian terhadap karakteristik fisik plastik biodegradable dengan plastizicer gliserol," *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi Dan Kependidikan*, vol. 5, no. 2, pp. 106–113, 2018.
- [20] Z. Anita, F. Akbar, and H. Harahap, "Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat mekanik film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 2, no. 2, pp. 37–41, 2013.
- [21] A. R. Lubis, M. I. M. Lubis, and C. M. Rosnelly, "Pembuatan Plastik Biodegradable dari Limbah Kulit Pisang Raja Dengan Gliserol dan Minyak Sereh," *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan*, vol. 1, no. 3, pp. 1–5, 2020.
- [22] K. Afdal and N. Hasri, "Pengaruh Konsentrasi Sorbitol sebagai Plasticizer pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Tongkol Jagung," *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, vol. 23, no. 1, p. 67, 2022.
- [23] I. PERMADI and others, "PENGARUH KONSENTRASI GLISEROL DAN CMC (Carboxy Methyl Cellulose) TERHADAP KARAKTERISTIK BIODEGRADABLE FILM DARI SABUT KELAPA MUDA," 2019.
- [24] M. S. S. Genalda and S. S. Udjiana, "Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) dengan Penambahan Filler Kalsium Silikat," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, pp. 320–327, 2021.
- [25] M. Muhammad, R. Ridara, and M. Masrullita, "Sintesis Bioplastik Dari Pati Biji Alpukat Dengan Bahan Pengisi Kitosan," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 9, no. 2, pp. 1–11, 2021.
- [26] A. Setijawan, G. Subroto, and R. Dian, "Kajian Ruang Pertanian Tanaman Pangan Dengan

- ◆ Pendekatan Agroklimat dan Nilai Keuntungan Usaha Tani di Kabupaten Situbondo,” *Prosiding SEMSINA*, vol. 3, no. 1, pp. 136–145, 2022.
- [27] A. A. Gabriel, A. F. Solikhah, and A. Y. Rahmawati, “Tensile strength and elongation testing for starch-based bioplastics using melt intercalation method: a review,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, p. 12028.
- [28] S. K. Lee, D. G. Seong, and J. R. Youn, “Degradation and rheological properties of biodegradable nanocomposites prepared by melt intercalation method,” *Fibers and Polymers*, vol. 6, pp. 289–296, 2005.
- [29] F. C. Nee and S. A. Othman, “Preparation and Characterization of Irradiated Bioplastic from Cassava Peel--A Review,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2022, p. 12041.
- [30] Y. Luthana, “Review Lengkap tentang Edible Film, Pembuatannya dari Bubuk Pektin Cincou dan Aplikasinya,” *Diakses di <http://yissaprayogo.wordpress.com>*, vol. 8, 2010.
- [31] R. Ramdhani, V. AMALIA, and A. JUNITASARI, “Pengaruh Konsentrasi Sorbitol terhadap Karakteristik Edible Film Pati Kentang (*Solanum tuberosum* L.) dan Pengaplikasiannya pada Dodol Nanas,” in *Gunung Djati Conference Series*, 2022, pp. 103–111.
- [32] S. D. A. N. A. S. TERAKTIVASI, “KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIK BIOPLASTIK PATI SINGKONG/PVA DENGAN PENAMBAHAN PULP TANDAN KOSONG KELAPA,” *Jurnal Kimia dan Kemasan*, vol. 42, no. 2, pp. 46–56, 2020.
- [33] R. B. K. Anandito, A. Bukhori, and others, “Pengaruh gliserol terhadap karakteristik edible film berbahan dasar tepung jali (*Coix lacryma-jobi* L.),” *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 5, no. 1, 2012.
- [34] L. K. Unsa and G. A. Paramastri, “Kajian jenis plasticizer campuran gliserol dan sorbitol terhadap sintesis dan karakterisasi edible film pati bonggol pisang sebagai pengemas buah apel,” *Jurnal Kompetensi Teknik*, vol. 10, no. 1, pp. 35–47, 2018.
- [35] N. I. Sari, M. Syahrir, and D. E. Pratiwi, “Pengaruh Penambahan Filler Kitosan dan CaCO₃ Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Umbi Gadung (*Dioscorea Hispida* Densst),” *Chemica*, vol. 23, no. 1, pp. 78–89, 2022.
- [36] H. Abral, G. J. Putra, M. Asrofi, J.-W. Park, and H.-J. Kim, “Effect of vibration duration of high ultrasound applied to bio-composite while gelatinized on its properties,” *Ultrasonics sonochemistry*, vol. 40, pp. 697–702, 2018.