

**PENGEMBANGAN FILM BIOPLASTIK BERBASIS *POLYBLEND* HIDROKSIETIL
SELULOSA DAN POLI(VINIL PIROLIDON) SEBAGAI BAHAN KEMASAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang
Kimia



Disusun oleh :

Citra Nurhashiva

1909791

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2023

**PENGEMBANGAN FILM BIOPLASTIK BERBASIS *POLYBLEND* HIDROKSIETIL
SELULOSA DAN POLI(VINILPIROLIDON) SEBAGAI BAHAN KEMASAN**

Oleh,
Citra Nurhashiva
1909791

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia Departemen Pendidikan Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Citra Nurhashiva

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN**PENGEMBANGAN FILM BIOPLASTIK BERBASIS *POLYBLEND*
HIDROKSietil SELULOSA DAN POLI(VINIL PIROLIDON) SEBAGAI
BAHAN KEMASAN**

Oleh,
Citra Nurhashiva
1909791

Disetujui dan disahkan oleh,
Dosen Pembimbing I



Dr. H. Budiman Anwar, M.Si.

NIP. 197003131997031004

Dosen Pembimbing II



Dr. Galuh Yuliani, M.Si.

NIP. 198007252001122001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Kimia



Prof. Dr. Fitri Khoerunnisa, M.Si.

NIP. 197806282001122001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**Pengembangan Film Bioplastik Berbasis Polyblend Hidroksietil Selulosa dan Poli(vinilpirolidon) sebagai Bahan Kemasan**" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung,

21 Agustus 2023

Citra Nurhashiva

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat Menyusun dan menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan Film Bioplastik Berbasis Polyblend Hidroksietil Selulosa dan Poli(vinilpirolidon) sebagai Bahan Kemasan” Sholawat serta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat dan pengikutnya sampai akhir zaman.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat meraih gelar sarjana sains pada Program Studi Kimia Universitas Pendidikan Indonesia. Penelitian ini disusun sesuai dengan kaidah dan pedoman yang berlaku. Penulis menyadari bahwa skripsi yang penulis buat masih jauh dari kata sempurna karena adanya keterbatasan pengetahuan, pengalaman, dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pembaca sehingga menjadi lebih baik lagi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu memberi petunjuk dan kemudahannya.

Bandung,

21 Agustus 2023

Citra Nurhashiva

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam tidak lupa penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat, keluarga, dan pengikutnya hingga akhir zaman. Dalam penyusunan skripsi ini, tiada hentinya penulis mengucapkan syukur alhamdulillah kepada Allah SWT yang membuat penulis yakin untuk menyusun dan menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih penulis haturkan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Heddy Kurnia Santika dan Ibu Ellok Budiarti, serta Eka Putra Pratama dan Sulthan Rizqullah selaku kakak dan adik penulis yang senantiasa mendoakan serta memberikan dukungan baik moril maupun materil dan menjadi motivasi terbesar penulis dalam proses penyusunan skripsi ini. Dalam proses penyusunan skripsi ini tentunya tidak lepas dari arahan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak baik, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dengan segenap ketulusan dan rasa hormat kepada berbagai pihak, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut menjadi bagian dari penyelesaian skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. H. Budiman Anwar, S.Si., M.Si. selaku Ketua KBK Kimia Material FPMIPA UPI dan dosen pembimbing I penulis yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Galuh Yuliani, M. Si. selaku dosen pembimbing II penulis yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Fitri Khoerunnisa, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI yang telah memberikan dukungan selama kegiatan perkuliahan.

4. Ibu Dr. Siti Aisyah, M.Si. Selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan arahan, saran dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Kimia FPMIPA UPI.
5. Seluruh Dosen, Staf, dan Laboran yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan selama penulis menempuh kegiatan perkuliahan.
6. Lidia Intan Febriani dan Jessica Veronica selaku sahabat penulis selama empat tahun menempuh pendidikan bersama yang telah memberikan dukungan, motivasi dan bantuan kepada penulis sehingga membuat masa perkuliahan menjadi sangat menyenangkan.
7. Afifah Rizkia Riani, Ausi Amartya, Dita Ayu Rosmawati, Farah Azizah Hanan, Sifathul Jannah, Sadina Sahitya Dewi, Wafa Raihanah Arwa, dan Azzahra Annur Rizqia selaku rekan-rekan penulis yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis selama proses studi.
8. Seluruh rekan-rekan seperjuangan Kimia UPI 2019

Terima kasih atas segala doa, dukungan, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis, semoga segala kebaikan dan ketulusan yang telah diberikan menjadi amalan baik dan dibalas oleh Allah SWT.

ABSTRAK

Penggunaan plastik sintetik yang berlebih dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan. Oleh karena itu, plastik alternatif yang ramah lingkungan sangat dibutuhkan. Salah satu bahan dasar untuk membuat plastik ramah lingkungan adalah selulosa yang merupakan biopolimer yang keberadaannya sangat melimpah di alam. Hidroksietil Selulosa (HEC) merupakan salah satu turunan selulosa yang banyak digunakan sebagai film *biodegradable*, tetapi HEC memiliki sifat mekanik yang kurang baik. Pada penelitian ini HEC dicampurkan dengan poli(vinilpirolidon) (PVP) untuk memperbaiki sifat mekanik film. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi optimum dan karakteristik dari film plastik berbasis *polyblend* HEC/PVP sebagai bahan kemasan. Metode *casting* digunakan untuk membuat film plastik *polyblend* HEC/PVP dengan berbagai variasi komposisi (8:0, 7:1, 6:2, dan 5:3 (g/g)). Hasil analisis morfologi permukaan film HEC/PVP menggunakan SEM menunjukkan homogenitas yang baik, diperkuat dengan spektrum FTIR yang menunjukkan beberapa puncak khas kedua bahan pada film *polyblend* HEC/PVP. Hasil analisis DSC menunjukkan adanya kenaikan titik leleh pada film *polyblend* HEC/PVP 5:3 yang dikaitkan nteraksi ikatan hidrogen antara HEC dan PVP dan ketercampurannya pada tingkat molekuler. Sifat mekanik film *polyblend* HEC/PVP memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan fillm HEC, dengan kekuatan tarik $34,77 \pm 3,36$ MPa, elongasi sebesar $104,28 \pm 4,86$ %, dan modulus young sebesar $0,105 \pm 0,02$ GPa. Nilai laju transmisi uap air pada komposisi optimum adalah $2206,919$ g/m²d. Hidrofilisitas dan transparansi film *polyblend* HEC/PVP meningkat dengan adanya penambahan PVP. Berdasarkan analisis tersebut *polyblend* berbasis HEC/PVP berpotensi untuk digunakan sebagai bahan kemasan.

Kata kunci : *hidroksietil selulosa, poli(vinilpirolidon), polyblend, plastik ramah lingkungan*

ABSTRACT

Excessive use of synthetic plastics can lead to environmental pollution. Therefore, alternative, environmentally friendly plastics are very much needed. One of the basic ingredients for making environmentally friendly plastics is cellulose, which is a biopolymer whose presence is very abundant in nature. Hydroxyethyl Cellulose (HEC) is one of the derivatives of cellulose that is widely used as a biodegradable film, but HEC has poor mechanical properties. In this study, HEC was mixed with poly(vinylpyrrolidone) (PVP) to improve the mechanical properties of the film. The aim of this study is to find out the optimal composition and characteristics of HEC/PVP polyblend-based plastic film as a packaging material. The casting method is used to make polyblend HEC/PVP plastic film with various composition variations (8:0, 7:1, 6:2, and 5:3 (g/g)). The results of the HEC/PVP film surface morphology analysis using SEM showed good homogeneity, reinforced by the FTIR spectrum that showed some typical peaks of both materials on HEC/PVP polyblend films. DSC analysis results showed an increase in the melting point of the 5:3 HEC & PVP Polyblend film associated with the interaction of the hydrogen bond between HEC and PVP and its mixture at the molecular level. The mechanical properties of the HEC/PVP polyblend film have better results compared to the pure HEC film, with a tensile strength of 34.77 ± 3.36 MPa, an elongation of $104.28 \pm 4.86\%$, and a young modulus of 0.105 ± 0.02 GPa. The speed of transmission of water vapour at the optimal composition is $2206,919$ g/m²d. The hydrophilicity and transparency of the HEC/PVP polyblend film increases with the addition of PVP. Based on this analysis, HEC/PVP-based polyblends have the potential to be used as packaging materials.

Keywords: *hydroxyethyl cellulose, poly(vinylpyrrolidone), polyblend, environmentally friendly plastic*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Bioplastik.....	6
2.2. Hidroksietilselulosa (HEC)	6
2.3. Poli(vinilpirolidon) (PVP).....	7
2.4. Campuran Polimer.....	9
2.5. Fourier Transform Infrared (FTIR)	10
2.6. Scanning Electron Microscopy (SEM).....	10
2.7. Sifat Mekanik (Uji Tarik).....	11
2.8. Uji Transparansi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	12
2.9. Differential Scanning Calorimetry	12
2.10. Sudut Kontak	13
2.11. Laju Transmisi Uap Air	15
BAB III	17
METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.2.1. Alat.....	17
3.2.2. Bahan.....	17

3.3.	Diagram Air Penelitian.....	17
3.4.	Prosedur Penelitian.....	18
3.4.1.	Optimasi Komposisi HEC/PVP	18
3.5.	Karakterisasi.....	19
3.5.1.	Forier Transform Infra Red (FTIR)	19
3.5.2.	Scanning Electron Microscope (SEM).....	20
3.5.3.	Differential Scanning Calorimetry (DSC)	22
3.5.4.	Sifat Mekanik	20
3.5.5.	Uji Transparansi	22
3.5.6.	Sifat penghalang (Laju Transmisi Uap Air).....	22
3.5.7.	Sudut Kontak.....	22
BAB IV	.....	24
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	24
4.1.	FTIR	24
4.2.	SEM.....	26
4.3.	Sifat Mekanik	27
4.4.	DSC	28
4.5.	Sudut Kontak	29
4.6.	Laju Transmisi Uap Air.....	30
4.7.	Uji Transparansi	31
BAB V	.....	33
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	33
5.1.	Kesimpulan.....	33
5.2.	Rekomendasi	33
DAFTAR PUSTAKA	.....	34
LAMPIRAN	.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perkiraan berat molekul untuk tingkat PVP yang berbeda (Rowe dkk., 2009).	9
Tabel 2. 2 Data sekunder sifat mekanik plastik yang umum digunakan sebagai kemasan (Mangaraj dkk., 2009).....	12
Tabel 4. 1. Karakteristik puncak serapan IR pada HEC, PVP, dan HEC/PVP 5:3	25
Tabel 4. 2. Nilai CrR, E_H , dan R pada HEC murni dan HEC/PVP 5:3 Nilai CrR, E_H , dan R pada HEC murni dan HEC/PVP 5:3.....	26
Tabel 4. 3. Sudut kontak, WVTR, dan opasitas film HEC murni dan <i>polyblend</i> HEC/PVP 5:3	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Struktur (a) Selulosa dan (b) Hidroksietil Selulosa (El- Sheikh dkk., 2013)	7
Gambar 2. 2 sintesis N-vinilpirolidon dari asetilen dan formaldehida (Kurakula dan Rao, 2020)	8
Gambar 2. 6 Kurva tegangan-regangan untuk film polimer yang menjalani pengujian regangan tarik.....	11
Gambar 2. 7 Profil tetes air dan sudut kontak pada permukaan dengan hidrofobisitas yang berbeda (Celia dkk., 2013).....	14
Gambar 3. 1. Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3. 2. Skema Alat FTIR (Mezzeti dan Leibl, 2017).....	19
Gambar 3. 3 Skema alat SEM.....	20
Gambar 3. 4. Skema alat Uji Tarik (Farhat, 2021).....	21
Gambar 3. 5. Skema alat spektrofotometer UV-Vis (Gohain, 2009).....	23
Gambar 4. 1 Spektrum FTIR (a) HEC, (b) PVP, (c) film <i>polyblend</i> HEC/PVP 5:3	24
Gambar 4. 2. citra SEM (a) film HEC dan (b) film <i>polyblend</i> HEC/PVP 5:3	26
Gambar 4. 4. Termogram DSC dari (a) film HEC dan (b) <i>polyblend</i> HEC/PVP 5:3	29
Gambar 4. 5. Sudut kontak (a) film HEC/PVP (8:0) dan (b) film <i>polyblend</i> HEC/PVP 5:3	30
Gambar 4. 6. Diagram nilai WVTR film HEC dan <i>polyblend</i> HEC/PVP 5:3	30
Gambar 4. 7. Fotografi film (a) HEC dan (b) <i>Polyblend</i> HEC/PVP 5:3	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Perhitungan	34
Lampiran 2. Hasil Uji FTIR.....	40
Lampiran 3. Hasil Uji Tarik.....	42
Lampiran 4. Hasil Uji DSC.....	40
Lampiran 5. Dokumentasi Kegiatan	43

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Halim, E. S. (2014). Chemical modification of cellulose extracted from sugarcane bagasse: Preparation of hydroxyethyl cellulose. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(3), 362-371.
- Anwar, B., Bundjali, B., Sunarya, Y. and Arcana, IM., Properties of Bacterial Cellulose and Its Nanocrystalline Obtained from Pineapple Peel Waste Juice, *Fibers and Polymers*, 2021, 22, 1228.
- Aqdas, N., Khalid, MZ., Shazia, T., Waseem, A., Muhammad, S., and Mohammad, Z. Hydroxyethylcellulose-g-Poly(lactic acid) blended polyurethanes: Preparation, characterization and biological studies. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 15(151), 993.
- Berlin, H. (2009). Investigation of Polymers with Differential Scanning Calorimetry. *Adv. Lab DSC Investig. Polym*, 1-17.
- Bertuzzi, M. A., Vidaurre, E. C., Armada, M., & Gottifredi, J. C. (2007). Water vapor permeability of edible starch based films. *Journal of food engineering*, 80(3), 972-978.
- Bhushan, B. (2009). Biomimetics: lessons from nature—an overview. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1893), 1445-1486.
- Cazón, P., Velazquez, G., Ramírez, J. A., & Vázquez, M. (2017). Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, 68, 136-148.
- Celia, E., Darmanin, T., de Givenchy, E. T., Amigoni, S., & Guittard, F. (2013). Recent advances in designing superhydrophobic surfaces. *Journal of colloid and interface science*, 402, 1-18.
- Chu, M., Feng, N., An, H., You, G., Mo, C., Zhong, H., ... & Hu, D. (2020). Design and validation of antibacterial and pH response of cationic guar gum film by combining hydroxyethyl cellulose and red cabbage pigment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 1311-1322.

- Dewi, R., Rahmi, R., & Nasrun, N. (2021). Perbaikan sifat mekanik dan laju transmisi uap air edible film bioplastik menggunakan minyak sawit dan plasticizer gliserol berbasis pati sagu. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(1), 61-77.
- Di Giuseppe, E. (2018). Analogue materials in experimental tectonics.
- Dieter, G. E. (1987). Mechanical metallurgy. ed, ed. MTR Gibala, C. Wert.
- Droste, Ronald L., (1997), Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, John Wiley & Sons, Inc., United States of America
- Dutta, P. K., Tripathi, S., Mehrotra, G. K., & Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food chemistry*, 114(4), 1173-1182.
- El Fawal, G., Hong, H., Song, X., Wu, J., Sun, M., He, C., ... & Wang, H. (2020). Fabrication of antimicrobial films based on hydroxyethylcellulose and ZnO for food packaging application. *Food Packaging and Shelf Life*, 23, 100462.
- El-Sheikh, M. A., El-Rafie, S. M., Abdel-Halim, E. S., & El-Rafie, M. H. (2013). Green synthesis of hydroxyethyl cellulose-stabilized silver nanoparticles. *Journal of Polymers*, 2013.
- Farhat, H. (2021). *Operation, Maintenance, and Repair of Land-Based Gas Turbines*. Elsevier.
- Gohain, N. (2009). Studies on the structure and function of phenazine modifying enzymes PhzM and PhzS involved in the biosynthesis of pyocyanin (Doctoral dissertation).
- Haaf, F., Sanner, A., & Straub, F. (1985). Polymers of N-vinylpyrrolidone: synthesis, characterization and uses. *Polymer Journal*, 17(1), 143-152.
- Harnkarnsujarit, N., & Li, Y. (2017). Structure–property modification of microcrystalline cellulose film using agar and propylene glycol alginate. *Journal of Applied Polymer Science*, 134(47), 45533.

- Hermawan, D., Lai, T. K., Jafarzadeh, S., Gopakumar, D. A., Hasan, M., Owolabi, F. T., ... & Khalil, H. A. (2019). Development of seaweed-based bamboo microcrystalline cellulose films intended for sustainable food packaging applications. *BioResources*, *14*(2), 3389-3410.
- Ibrahim, N. I., Shahar, F. S., Sultan, M. T. H., Shah, A. U. M., Safri, S. N. A., & Mat Yazik, M. H. (2021). Overview of bioplastic introduction and its applications in product packaging. *Coatings*, *11*(11), 1423.
- Jacob, A.M., R. Nugraha, S.P.S.D. Utari. 2014. Pembuatan Edible Film Dari Pati Buah Lindur Dengan Penambahan Gliserol Dan Karaginan. J. Pengolah. Has. Perikan. Indones. *17*(1):14– 21.doi:10.17844/jphpi.v17i1.8132.
- Jo, C., Rukmanikrishnan, B., DS, P., Ramalingam, S., & Lee, J. (2021). Cellulose-pulp-based stretchable composite film with hydroxyethyl cellulose and turmeric powder for packaging applications. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, *9*(40), 13653-13662.
- .Khairurrijal, K., & Abdullah, M. (2009). Karakterisasi nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, *2*(1), 1-9.
- Kumar, R., Mishra, I. and Kumar, G., Synthesis and Evaluation of Mechanical Property of Chitosan/PVP Blend Through Nanoindentation-A Nanoscale Study, *Journal of Polymers and the Environment*, 2021, *29*, 3770.
- Kurakula, M., & Rao, G. K. (2020). Pharmaceutical assessment of polyvinylpyrrolidone (PVP): As excipient from conventional to controlled delivery systems with a spotlight on COVID-19 inhibition. *Journal of drug delivery science and technology*, *60*, 102046.
- Lee, H., Cho, E., Kerekes, T. W., Kwon, S. L., Yun, G. J., & Kim, J. (2020). Water-resistant mechanoluminescent electrospun fabrics with protected sensitivity in wet condition via plasma-enhanced chemical vapor deposition process. *Polymers*, *12*(8), 1720.
- Lei, Y., Mao, L., Yao, J., & Zhu, H. (2021). Improved mechanical, antibacterial and UV barrier properties of catechol-functionalized chitosan/polyvinyl alcohol

- biodegradable composites for active food packaging. *Carbohydrate Polymers*, 264, 117997.
- Lewandowska, K. and Szulc, M., Characterisation of Hyaluronic Acid Blends Modified by Poly(N-Vinylpyrrolidone), *Molecules*, 2021, 26, 5233.
- Lin, Y., Bilotti, E., Bastiaansen, C. W., & Peijs, T. (2020). Transparent semi-crystalline polymeric materials and their nanocomposites: A review. *Polymer Engineering & Science*, 60(10), 2351-2376.
- Long, J., Zhang, W., Zhao, M., & Ruan, C. Q. (2023). The reduce of water vapor permeability of polysaccharide-based films in food packaging: A comprehensive review. *Carbohydrate Polymers*, 121267.
- Mangaraj, S., Yadav, A., Bal, L. M., Dash, S. K., & Mahanti, N. K. (2019). Application of biodegradable polymers in food packaging industry: A comprehensive review. *Journal of Packaging Technology and Research*, 3(1), 77-96.
- Mezzetti, A., & Leibl, W. (2017). Time-resolved infrared spectroscopy in the study of photosynthetic systems. *Photosynthesis Research*, 131, 121-144.
- Mustamin, M. I., Rustam, N., & Kasman, K. (2016). Analisis Nilai Absorbansi Kadar Flavonoid Daun Sirih Merah (*Piper Crocatum*) Dan Daun Sirih Hijau (*Piper Betle* L). *Gravitasi*, 15(1).
- Nandiyanto, A. B. D. *PENGANTAR SAINS DAN TEKNOLOGI NANO*. UPI Press.
- Nelson, M. L., & O'Connor, R. T. (1964). Relation of certain infrared bands to cellulose crystallinity and crystal lattice type. Part II. A new infrared ratio for estimation of crystallinity in celluloses I and II. *Journal of Applied Polymer Science*, 8(3), 1325-1341.
- Nešić, A., Ružić, J., Gordić, M., Ostojić, S., Micić, D., & Onjia, A. (2017). Pectin-polyvinylpyrrolidone films: A sustainable approach to the development of biobased packaging materials. *Composites Part B: Engineering*, 110, 56-61.

- Nešić, A., Cabrera-Barjas, G., Dimitrijević-Branković, S., Davidović, S., Radovanović, N., & Delattre, C. (2019). Prospect of polysaccharide-based materials as advanced food packaging. *Molecules*, 25(1), 135.
- Noer, Z., & Dayana, I. (2021). *Karakterisasi Material*. GUEPEDIA'.
- Noreen, A., Zia, K. M., Tabasum, S., Aftab, W., Shahid, M., & Zuber, M. (2020). Hydroxyethylcellulose-g-poly (lactic acid) blended polyurethanes: Preparation, characterization and biological studies. *International journal of biological macromolecules*, 151, 993-1003.
- Nugroho, Fajar Jati. (2017). Proses Menandai Sample Uji Tarik Besi Baja
- Petroudy, S. D. (2017). Physical and mechanical properties of natural fibers. In *Advanced high strength natural fibre composites in construction* (pp. 59-83). Woodhead Publishing.
- Pimentel, G. C., & Sederholm, C. H. (1956). Correlation of infrared stretching frequencies and hydrogen bond distances in crystals. *The Journal of Chemical Physics*, 24(4), 639-641.
- Pritchard, R. (1964). The transparency of crystalline polymers. *Polymer Engineering & Science*, 4(1), 66-71.
- Qin, Y. (2016). Applications of advanced technologies in the development of functional medical textile materials. *Medical textile materials*, 1, 55-70.
- Rao, K. C., Subha, M. C. S., Reddy, C. S., Babu, P. K., Sudhakar, K., Prabhakar, M. N., ... & Rao, U. S. K. Miscibility studies of hydroxyethyl cellulose and poly (vinylpyrrolidone) blends, *International Journal of Basic and Applied Chemical Sciences*, 3(1), 73-83, 2013
- Rivadeneira-Velasco, KE., Utreras-Silva, CA, Díaz-Barrios, A., Sommer-Márquez, AE., Tafur, JP. and Michell, RM., Green Nanocomposites Based on Thermoplastic Starch: A Review, *Polymers*, 2021, 13, 3227.

- Rosmawati, B.H. 2008. Elastic, Optical And Thermal Properties Of TeO₂-ZnO And TeO₂-ZnO-AlF₃ Glass Systems. Thesis Submitted for the Degree of PhD: University of Putra Malaysia. Malaysia.
- Rowe, R. C., Sheskey, P., & Quinn, M. (2009). *Handbook of pharmaceutical excipients*. Libros Digitales-Pharmaceutical Press
- Sembiring, T., Dayana, I., & Rianna, M. (2019). *Alat penguji material*. Guepedia.
- Setiabudi, A., Hardian, R., & Mudzakir, A. (2012). Karakterisasi Material. *Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*.
- Shang, J., Flury, M., Harsh, J. B., & Zollars, R. L. (2008). Comparison of different methods to measure contact angles of soil colloids. *Journal of colloid and interface science*, 328(2), 299-307.
- Shogren, R. (1997). Water vapor permeability of biodegradable polymers. *Journal of environmental polymer degradation*, 5, 91-95.
- Somashekarappa, H., Prakash, Y., Hemalatha, K., Demappa, T. and Somashekar, R., Preparation and Characterization of HPMC/PVP Blend Films Plasticized with Sorbitol, *Indian Journal of Materials Science*, 2013, 2013, 1.
- Stevens, E. S. (2002). *Green Plastic: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics*. New Jersey: University Press.
- Suyatma, N. E., & Taqi, F. M. (2022). the Effect Of Heating Time, Type And Plasticizer Concentration On Characteristics Of Termoplastic K-Karagenan. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 10(1), 29-40.
- Taher, N., Mantiri, D. M., Dien, H. A., Mentang, F., Montolalu, R. I., & Ngangi, E. L. (2021). Optimization and characterization of edible film composite of k-carrageenan *Kappaphycus alvarezii* and beeswax nanoemulsion. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 14(4), 1897-1907.
- Teodorescu, M., & Bercea, M. (2015). Poly (vinylpyrrolidone)—a versatile polymer for biomedical and beyond medical applications. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 54(9), 923-943.

- Utracki, L. A. (2003). Introduction to polymer blends. *Polymer blends handbook*, 1.
- Vaidya, A., & Pathak, K. (2019). Mechanical stability of dental materials. In *Applications of nanocomposite materials in dentistry* (pp. 285-305). Woodhead Publishing.
- Vieira, M. G. A., Da Silva, M. A., Dos Santos, L. O., & Beppu, M. M. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European polymer journal*, 47(3), 254-263.
- Warono, D., & Ab, S. (2013). Unjuk Kerja Spektrofotometer Untuk Analisa Zat Aktif Ketoprofen. *Jurnal Konversi*, 2(1).
- Wen, Y. H., Tsou, C. H., de Guzman, M. R., Huang, D., Yu, Y. Q., Gao, C., ... & Wang, Z. H., Antibacterial nanocomposite films of poly (vinyl alcohol) modified with zinc oxide-doped multiwalled carbon nanotubes as food packaging. *Polymer Bulletin*, 1-20, 2022.
- Wenten, I. G., Himma, N. F., Anisah, S., & Prasetya, N. (2015). Membran Superhidrofobik. *Institut Teknologi Bandung*.
- Zaltariov, M. F. (2021). FTIR investigation on crystallinity of hydroxypropyl methyl cellulose-based polymeric blends. *Cellul. Chem. Technol. Cellul. Chem. Technol*, 55, 981-988.
- Zhang, X., Guo, H., Luo, W., Chen, G., Xiao, N., Xiao, G., & Liu, C. (2022). Development of functional hydroxyethyl cellulose-based composite films for food packaging applications. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 989893.