

**PENGARUH AGEN PENGIKAT SILANG ASAM SITRAT TERHADAP
STRUKTUR DAN SIFAT FILM *POLYBLEND* ASAM
HIALURONAT/POLIVINILPIROLIDON SEBAGAI PLASTIK RAMAH
LINGKUNGAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana sains di
bidang kimia



Oleh:

Amanda Nurhaliza

2000104

**KELOMPOK BIDANG KAJIAN MATERIAL
PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2024**

**PENGARUH AGEN PENGIKAT SILANG ASAM SITRAT TERHADAP
STRUKTUR DAN SIFAT FILM *POLYBLEND* ASAM
HIALURONAT/POLIVINILPIROLIDON SEBAGAI PLASTIK RAMAH
LINGKUNGAN**

Oleh:

Amanda Nurhaliza

2000104

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

©Amanda Nurhaliza

Universitas Pendidikan Indonesia

2023

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

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

LEMBAR PENGESAHAN**PENGARUH AGEN PENGIKAT SILANG ASAM SITRAT TERHADAP
STRUKTUR DAN SIFAT FILM *POLYBLEND* ASAM
HIALURONAT/POLIVINILPIROLIDON SEBAGAI PLASTIK RAMAH
LINGKUNGAN**

Oleh:

Amanda Nurhaliza

2000104

Disetujui dan disahkan oleh,

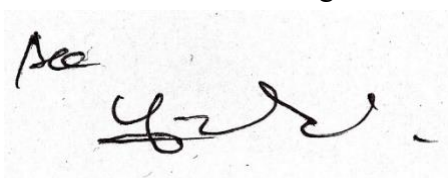
Dosen Pembimbing I



Dr. H. Budiman Anwar, M. Si.

NIP. 197003131997031004

Dosen Pembimbing II

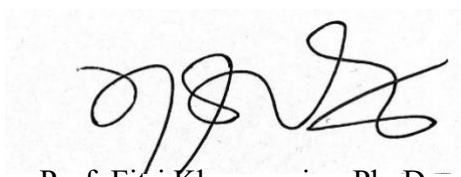


Dr. Galuh Yuliani, M. Si.

NIP. 198007252001122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Prof. Fitri Khoerunnisa, Ph. D.

NIP. 197806282001122001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Pengaruh Agen Pengikat Silang Asam Sitrat terhadap Struktur dan Sifat Film *Polyblend* Asam Hialuronat/Polivinilpirolidon sebagai Plastik Ramah Lingkungan**” 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 dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 3 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,

Amanda Nurhaliza

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Agen Pengikat Silang Asam Sitrat terhadap Struktur dan Sifat Film *Polyblend* Asam Hialuronat/Polivinilpirolidon sebagai Plastik Ramah Lingkungan”, sebagai salah satu syarat untuk memenuhi tercapainya gelar sarjana sains pada Program Sarjana (S1) Jurusan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan wawasan dan bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak serta dapat berkontribusi dalam kemajuan penelitian khususnya dalam bidang kimia. Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun sangat diperlukan untuk perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Bandung, Agustus 2024

Penulis,

Amanda Nurhaliza

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama menyelesaikan penyusunan dan penulisan skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk, bantuan dan dorongan dari banyak pihak baik bersifat moral maupun material. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu, terutama kepada:

1. Bapak Dr. H. Budiman Anwar, M.Si. sebagai dosen pembimbing I yang sudah banyak sekali memberi saran, bimbingan, arahan, serta memfasilitasi pelaksanaan dari penulisan dan penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Galuh Yuliani, M. Si. selaku dosen pembimbing II yang telah membantu dan membimbing selama penulisan skripsi ini.
3. Ibu Prof. Fitri Khoerunnisa, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Kimia yang telah memberikan izin dan dukungan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. H. Budiman Anwar, M.Si. selaku dosen koordinator kbk material yang telah membimbing dan mengkoordinasi penulis selama penulis menempuh pendidikan di Program Studi Kimia kbk material ini.
5. Bapak Dr. H. Budiman Anwar, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan arahan, saran, dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Kimia FPMIPA.
6. Seluruh dosen, laboran, dan staf di Program Studi Kimia FPMIPA UPI yang telah banyak memberikan ilmu, kesempatan, contoh, dan bantuan yang baik selama penulis menempuh pendidikan.
7. Kedua orang tua terkasih penulis, Ibu Cucu Cumiati dan Bapak Moh. Rojak, yang telah banyak sekali berkorban, membantu, mendoakan, dan mendukung secara utuh penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
8. Adik penulis, Amalia Nurul Azqia, Tania Rizqia Ramadhani, dan Mikail Abdul Razaq, serta keluarga penulis yang telah memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

9. Fandsya Nada Cinta dan Hasya Fatharani selaku sahabat penulis selama menempuh pendidikan bersama yang telah saling memberikan bantuan, semangat dan dukungan selama ini.
10. Rekan-rekan rumpun penelitian Biopolymer Research Group yang sudah banyak sekali berbagi cerita riset, penyusunan skripsi dan keluh kesahnya serta menjadi teman seperjuangan dalam menyusun skripsi dari awal hingga akhir dan memberikan nasihat serta bantuan kepada penulis selama penulis melakukan penelitian skripsi di laboratorium.
11. Seluruh rekan mahasiswa angkatan 2020, rekan kelas kimia D serta rekan-rekan KBK Kimia Material yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis selama proses studi.

Semoga semua kebaikan yang telah penulis terima selama ini dapat dibalaskan langsung oleh Tuhan Yang Maha Esa. Aamiin.

Bandung, Agustus 2024

Penulis,

Amanda Nurhaliza

ABSTRAK

Penggunaan polimer berbasis minyak bumi dalam industri plastik menyebabkan akumulasi limbah yang sulit terurai. Film *polyblend* asam hialuronat (HA) dan polivinilpirolidon (PVP), menawarkan sifat *biodegradable* dan ramah lingkungan, namun memiliki kelemahan pada sifat penghalangnya. Asam sitrat (CA) sebagai agen pengikat silang terbukti meningkatkan sifat mekanik dan penghalang film HA/PVP. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh CA pada struktur dan sifat film HA/PVP. Fokus penelitian ini yaitu pada variasi konsentrasi asam sitrat (5%, 10%, 15%, dan 20%) dalam campuran HA/PVP dan mengamati perubahan sifat mekanik, morfologi, dan sifat penghalang uap air pada film yang dihasilkan. Analisis FTIR menunjukkan adanya interaksi ikatan silang antara CA, HA, dan PVP dalam film, yang ditandai dengan munculnya puncak baru dan pergeseran puncak pada spektrum FTIR. Hasil XRD mengindikasikan penurunan kristalinitas pada film yang diikat silang dengan CA yang mencerminkan peningkatan struktur amorf. Sifat mekanik film juga meningkat dengan penambahan CA, di mana kekuatan tarik dan modulus Young meningkat secara signifikan pada konsentrasi CA yang lebih tinggi. Film dengan CA 20% menunjukkan sifat komprehensif terbaik dengan kekuatan tarik tertinggi ($40,01 \pm 5,31$ MPa) dan modulus Young tertinggi ($5,10 \pm 0,92$ MPa). Selain itu, film ini juga menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap transmisi uap air dan memiliki transparansi yang lebih baik.

Kata kunci: asam hialuronat, asam sitrat, *crosslinking*, *polyblend*, polivinilpirolidon, plastik *biodegradable*

ABSTRACT

The use of petroleum-based polymers in the plastic industry leads to the accumulation of waste that is difficult to degrade. Hyaluronic acid (HA) and polyvinylpyrrolidone (PVP) polyblend films offer biodegradable and environmentally friendly properties but have weaknesses in their barrier properties. Citric acid (CA) as a crosslinking agent has been proven to improve the mechanical and barrier properties of HA/PVP films. This study aims to investigate the effect of CA on the structure and properties of HA/PVP films. The focus of this research is on varying citric acid concentrations (5%, 10%, 15%, and 20%) in the HA/PVP blend and observing changes in mechanical properties, morphology, and water vapor barrier properties of the resulting films. FTIR analysis showed the presence of crosslinking interactions between CA, HA, and PVP in the film, indicated by the appearance of new peaks and peak shifts in the FTIR spectrum. XRD results indicated a decrease in crystallinity in films crosslinked with CA, reflecting an increase in amorphous structure. The mechanical properties of the film also improved with the addition of CA, with tensile strength and Young's modulus significantly increasing at higher CA concentrations. The film with 20% CA showed the best comprehensive properties with the highest tensile strength (40.01 ± 5.31 MPa) and the highest Young's modulus (5.10 ± 0.92 MPa). Additionally, this film also exhibited improved resistance to water vapor transmission and better transparency.

Keywords: hyaluronic acid, citric acid, crosslinking, polyblend, polyvinylpyrrolidone, biodegradable plastic

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Bioplastik	6
2.2 Asam Hialuronat (HA).....	7
2.3 Polivinilpirolidon (PVP)	8
2.4 Campuran Polimer (<i>Polyblend</i>).....	9
2.5 Metode Ikatan Silang dengan Asam Sitrat sebagai Agen Pengikat Silang .	9
2.6 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	12
2.7 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	13
2.8 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	14
2.9 Sifat Mekanik	15
2.10 WVTR	17
2.11 Sifat Optik.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.2.1 Alat	19
3.2.2 Bahan	19
3.3 Diagram Alir Penelitian	19

3.4	Prosedur Penelitian	20
3.5	Karakterisasi	21
3.5.1	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	21
3.5.2	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	22
3.5.3	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	22
3.5.4	Sifat Mekanik (Uji Tarik).....	22
3.5.5	<i>Water Vapor Transmission Rate (WVTR)</i>	23
3.5.6	Sifat Optik	24
BAB IV PEMBAHASAN		25
4.1	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	25
4.2	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	28
4.3	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	30
4.4	Sifat Mekanik	31
4.5	<i>Water Vapor Transmission Rate (WVTR)</i>	32
4.6	Sifat Optik.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		34
5.1	KESIMPULAN	34
5.2	SARAN	34
DAFTAR PUSTAKA		36
LAMPIRAN		42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Sifat Umum dari Beberapa Jenis Plastik	17
Tabel 4. 1	Hasil Fourier Transform Infrared (FTIR)	25
Tabel 4. 2	Energi ikatan hidrogen dan jarak antar ikatan Film HA/PVP tanpa dan dengan CA.....	28
Tabel 4. 3	Hasil struktur film HA/PVP	32
Tabel 4. 4	Water Vapor Transmission Rate (WVTR)	32
Tabel 4. 5	Sifat Optik.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Faktor-faktor yang mempengaruhi laju degradasi plastik (Ali et al., 2021)	6
Gambar 2. 2 Struktur Asam Hialuronat (Cheng et al., 2023)	7
Gambar 2. 3 Struktur Polivinilpirolidon.....	8
Gambar 2. 4 Reaksi ikatan silang prediktif asam sitrat dengan selulosa (Salihu et al., 2021)	11
Gambar 2. 5 Skema Cara Kerja FTIR	12
Gambar 2. 6 Kurva Tegangan-Regangan.....	16
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 4. 1 Spektrum FTIR HA/PVP.....	26
Gambar 4. 2 Ilustrasi Ikatan Silang yang mungkin terjadi	27
Gambar 4. 3 X-Ray Diffraction (XRD).....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Perhitungan	42
Lampiran 2. Data FTIR	43
Lampiran 3. Data XRD	45
Lampiran 4. Data Sifat Mekanik	50
Lampiran 5. Data WVTR	53
Lampiran 6. Data Sifat Optik	54

DAFTAR PUSTAKA

- Abi Zeid Daou, C., & Bassim, M. (2020). Hyaluronic acid in otology: Its uses, advantages and drawbacks - A review. *American Journal of Otolaryngology - Head and Neck Medicine and Surgery*, 41(2), 102375. <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2019.102375>
- Aljawish, A., Muniglia, L., Klouj, A., Jasniewski, J., Scher, J., & Desobry, S. (2016). Characterization of films based on enzymatically modified chitosan derivatives with phenol compounds. *Food Hydrocolloids*, 60, 551–558. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.04.032>
- Angumeenal, A. R., & Venkappayya, D. (2013). An overview of citric acid production. *Lwt*, 50(2), 367–370. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.016>
- Atiwesh, G., Mikhael, A., Parrish, C. C., Banoub, J., & Le, T. A. T. (2021). Environmental impact of bioplastic use: A review. *Heliyon*, 7(9), e07918. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07918>
- Azeredo, H. M. C., & Waldron, K. W. (2016). Crosslinking in polysaccharide and protein films and coatings for food contact - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 52, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.04.008>
- Babu, R. P., O'Connor, K., & Seeram, R. (2013). Current progress on bio-based polymers and their future trends. *Progress in Biomaterials*, 2(1), 8. <https://doi.org/10.1186/2194-0517-2-8>
- Benbettaïeb, N., Gay, J. P., Karbowiak, T., & Debeaufort, F. (2016). Tuning the Functional Properties of Polysaccharide–Protein Bio-Based Edible Films by Chemical, Enzymatic, and Physical Cross-Linking. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), 739–752. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12210>
- Brydson, J. A. (1999). The Historical Development of Plastics Materials. *Plastics Materials, Chapter 11*, 1–18. <https://doi.org/10.1016/b978-075064132-6/50042-5>
- Burke, D. M. (1996). *Ambient Mechanical Properties*. 2(3).
- Cai, Z., Zhang, F., Wei, Y., & Zhang, H. (2017). Freeze-Thaw-Induced Gelation of Hyaluronan: Physical Cryostructure Correlated with Intermolecular Associations and Molecular Conformation. *Macromolecules*, 50(17), 6647–6658. <https://doi.org/10.1021/acs.macromol.7b01264>
- Carissimi, M., Flôres, S. H., & Rech, R. (2018). Effect of microalgae addition on active biodegradable starch film. *Algal Research*, 32(April), 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.04.001>

Amanda Nurhaliza, 2024

PENGARUH AGEN PENGIKAT SILANG ASAM SITRAT TERHADAP STRUKTUR DAN SIFAT FILM POLYBLEND ASAM HIALURONAT/POLIVINILPIROLIDON SEBAGAI PLASTIK RAMAH LINGKUNGAN
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.009>
- Cheng, Q., Liu, C., Zhao, J., Li, W., Guo, F., Qin, J., & Wang, Y. (2023a). Unlocking the potential of hyaluronic acid: Exploring its physicochemical properties, modification, and role in food applications. *Trends in Food Science and Technology*, 142(August), 104218. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104218>
- Cheng, Q., Liu, C., Zhao, J., Li, W., Guo, F., Qin, J., & Wang, Y. (2023b). Unlocking the potential of hyaluronic acid: Exploring its physicochemical properties, modification, and role in food applications. *Trends in Food Science and Technology*, 142(August), 104218. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104218>
- Dutta, A. (2017). Fourier Transform Infrared Spectroscopy. Dalam *Spectroscopic Methods for Nanomaterials Characterization* (Vol. 2). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-46140-5.00004-2>
- Epp, J. (2016). X-Ray Diffraction (XRD) Techniques for Materials Characterization. Dalam *Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100040-3.00004-3>
- Feldman, D. (2005). Polyblend compatibilization. *Journal of Macromolecular Science - Pure and Applied Chemistry*, 42 A(5), 587–605. <https://doi.org/10.1081/MA-200056331>
- Fomin, V. A., Guzev FGUP, V. V., & polimerov, N. (2001). Biodegradable polymers, their present state and future prospects. Dalam *International Polymer Science and Technology* (Vol. 28, Nomor 11).
- Garavand, F., Rouhi, M., Razavi, S. H., Cacciotti, I., & Mohammadi, R. (2017a). Improving the integrity of natural biopolymer films used in food packaging by crosslinking approach: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 687–707. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.06.093>
- Garavand, F., Rouhi, M., Razavi, S. H., Cacciotti, I., & Mohammadi, R. (2017b). Improving the integrity of natural biopolymer films used in food packaging by crosslinking approach: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 687–707. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.06.093>
- GERVET, B. (2007). the Use of Crude Oil in Plastic Making Contributes To Global Warming. *Insa Lyon, January 2015*.
- Grover, C. N., Gwynne, J. H., Pugh, N., Hamaia, S., Farndale, R. W., Best, S. M., & Cameron, R. E. (2012). Crosslinking and composition influence the surface properties, mechanical stiffness and cell reactivity of collagen-based films.

Amanda Nurhaliza, 2024

PENGARUH AGEN PENGIKAT SILANG ASAM SITRAT TERHADAP STRUKTUR DAN SIFAT FILM POLYBLEND ASAM HIALURONAT/POLIVINILPIROLIDON SEBAGAI PLASTIK RAMAH LINGKUNGAN
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Acta biomaterialia*, 8(8), 3080–3090.
<https://doi.org/10.1016/j.actbio.2012.05.006>
- Guzman-Puyol, S., Benítez, J. J., & Heredia-Guerrero, J. A. (2022). Transparency of polymeric food packaging materials. *Food Research International*, 161(August). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111792>
- 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), 1–10. <https://doi.org/10.1002/app.45533>
- It, I., & Few, E. (t.t.). *CHAPTER 1 -General Properties of Plastics*.
- Jenkins, S., Jacob, K. I., & Kumar, S. (2000). The Effect of Hydrogen Bonding on the Physical and Mechanical Properties of Rigid-Rod Polymers. Dalam *J Polym Sci B: Polym Phys* (Vol. 38).
- Kakadellis, S., & Harris, Z. M. (2020). Don't scrap the waste: The need for broader system boundaries in bioplastic food packaging life-cycle assessment – A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122831. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122831>
- Kang, J., Li, F., Xu, Z., Chen, X., Sun, M., Li, Y., Yang, X., & Guo, L. (2023). How Amorphous Nanomaterials Enhanced Electrocatalytic, SERS, and Mechanical Properties. Dalam *JACS Au* (Vol. 3, Nomor 10, hlm. 2660–2676). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/jacsau.3c00418>
- Keaton, J. R. (2020). Modulus of Elasticity. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, 79–86. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12127-7_205-1
- Kogan, G., Šoltés, L., Stern, R., & Gemeiner, P. (2007). Hyaluronic acid: A natural biopolymer with a broad range of biomedical and industrial applications. *Biotechnology Letters*, 29(1), 17–25. <https://doi.org/10.1007/s10529-006-9219-z>
- Kumar, R., Mishra, I., & Kumar, G. (2021). Synthesis and Evaluation of Mechanical Property of Chitosan/PVP Blend Through Nanoindentation-A Nanoscale Study. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(11), 3770–3778. <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02143-0>
- Kurakula, M., & Koteswara Rao, G. S. N. (2020). Moving polyvinyl pyrrolidone electrospun nanofibers and bioprinted scaffolds toward multidisciplinary biomedical applications. *European Polymer Journal*, 136(August). <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2020.109919>

- Lewandowska, K., & Szulc, M. (2021). Characterisation of hyaluronic acid blends modified by poly(N-vinylpyrrolidone). *Molecules*, 26(17). <https://doi.org/10.3390/molecules26175233>
- Li, K., Zhu, J., Guan, G., & Wu, H. (2019). Preparation of chitosan-sodium alginate films through layer-by-layer assembly and ferulic acid crosslinking: Film properties, characterization, and formation mechanism. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 485–492. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.188>
- Mariya, D. (2020). Reverse Vending Machine for Plastic Bottle Recycling. *International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCST)*, 8(2), 65–70.
- Mathew, S., & Abraham, T. E. (2008a). Characterisation of ferulic acid incorporated starch-chitosan blend films. *Food Hydrocolloids*, 22(5), 826–835. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.03.012>
- Mathew, S., & Abraham, T. E. (2008b). Characterisation of ferulic acid incorporated starch-chitosan blend films. *Food Hydrocolloids*, 22(5), 826–835. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.03.012>
- Narasimhamurthy, K. N., Daruka Prasad, B., Radha Krushna, B. R., Sharma, S. C., Ponnazhagan, K., Francis, D., Nijalingappa, T. B., Nasreen Taj, M., & Nagabhushana, H. (2023). Nanocomposites of PVA-PVP and l-ascorbic acid modified ZnO:Fe via ultrasonic irradiation as a green technique: Latent fingerprint detection, food packing and anti-bacterial applications. *Inorganic Chemistry Communications*, 156(August), 111161. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2023.111161>
- Olsson, E., Hedenqvist, M. S., Johansson, C., & Järnström, L. (2013). Influence of citric acid and curing on moisture sorption, diffusion and permeability of starch films. *Carbohydrate Polymers*, 94(2), 765–772. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.006>
- Palomba, D., Vazquez, G. E., & Díaz, M. F. (2014). Prediction of elongation at break for linear polymers. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 139, 121–131. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2014.09.009>
- Priyadarshi, R., Sauraj, Kumar, B., & Negi, Y. S. (2018). Chitosan film incorporated with citric acid and glycerol as an active packaging material for extension of green chilli shelf life. *Carbohydrate Polymers*, 195, 329–338. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.04.089>
- Rai, P., Mehrotra, S., Priya, S., Gnansounou, E., & Sharma, S. K. (2021). Recent advances in the sustainable design and applications of biodegradable polymers.

Amanda Nurhaliza, 2024

PENGARUH AGEN PENGIKAT SILANG ASAM SITRAT TERHADAP STRUKTUR DAN SIFAT FILM POLYBLEND ASAM HIALURONAT/POLIVINILPIROLIDON SEBAGAI PLASTIK RAMAH LINGKUNGAN
 Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Dalam *Bioresource Technology* (Vol. 325). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124739>
- Ravin, H. A., Seligman, A. M., & J. Fine. (1952). Polyvinyl pyrrolidone as a plasma expander - Studies on Its Excretion, Distribution and Metabolism. *The New England Journal of Medicine*, 247(24), 921–929.
- Reddy, N., & Yang, Y. (2010). Citric acid cross-linking of starch films. *Food Chemistry*, 118(3), 702–711. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.050>
- Salihu, R., Abd Razak, S. I., Ahmad Zawawi, N., Rafiq Abdul Kadir, M., Izzah Ismail, N., Jusoh, N., Riduan Mohamad, M., & Hasraf Mat Nayan, N. (2021). Citric acid: A green cross-linker of biomaterials for biomedical applications. *European Polymer Journal*, 146(January), 110271. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110271>
- Siracusa, V. (2012). Food packaging permeability behaviour: A report. *International Journal of Polymer Science*, 2012(i). <https://doi.org/10.1155/2012/302029>
- Struszczyk, H. (1986). Modification of Lignins. 111. Reaction of Lignosulfonates with Chlorophosphazenes. *Journal of Macromolecular Science: Part A - Chemistry*, 23(8), 973–992. <https://doi.org/10.1080/00222338608081105>
- Teyssié, P. (1988). Polymer blends: From molecular structure through morphology to controlled bulk properties. *Makromolekulare Chemie. Macromolecular Symposia*, 22(1), 83–94. <https://doi.org/10.1002/masy.19880220107>
- Ummartyotin, S., Bunnak, N., Juntaro, J., Sain, M., & Manuspiya, H. (2012). Hybrid organic-inorganic of ZnS embedded PVP nanocomposite film for photoluminescent application. *Comptes Rendus Physique*, 13(9–10), 994–1000. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2012.09.008>
- Wasim, M., Sabir, A., Shafiq, M., & Jamil, T. (2019). Electrospinning: A Fiber Fabrication Technique for Water Purification. Dalam *Nanoscale Materials in Water Purification* (hlm. 289–308). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813926-4.00016-1>
- Wu, H., Lei, Y., Lu, J., Zhu, R., Xiao, D., Jiao, C., Xia, R., Zhang, Z., Shen, G., Liu, Y., Li, S., & Li, M. (2019a). Effect of citric acid induced crosslinking on the structure and properties of potato starch/chitosan composite films. *Food Hydrocolloids*, 97(July), 105208. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105208>
- Wu, H., Lei, Y., Lu, J., Zhu, R., Xiao, D., Jiao, C., Xia, R., Zhang, Z., Shen, G., Liu, Y., Li, S., & Li, M. (2019b). Effect of citric acid induced crosslinking on the structure and properties of potato starch/chitosan composite films. *Food*

Amanda Nurhaliza, 2024

PENGARUH AGEN PENGIKAT SILANG ASAM SITRAT TERHADAP STRUKTUR DAN SIFAT FILM POLYBLEND ASAM HIALURONAT/POLIVINILPIROLIDON SEBAGAI PLASTIK RAMAH LINGKUNGAN
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Hydrocolloids, 97(July), 105208.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105208>

Zhang, W., Roy, S., Assadpour, E., Cong, X., & Jafari, S. M. (2023). Cross-linked biopolymeric films by citric acid for food packaging and preservation. *Advances in Colloid and Interface Science*, 314(March), 102886. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2023.102886>

Zhong, Y., Song, X., & Li, Y. (2011a). Antimicrobial, physical and mechanical properties of kudzu starch-chitosan composite films as a function of acid solvent types. *Carbohydrate Polymers*, 84(1), 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.11.041>

Zhong, Y., Song, X., & Li, Y. (2011b). Antimicrobial, physical and mechanical properties of kudzu starch-chitosan composite films as a function of acid solvent types. *Carbohydrate Polymers*, 84(1), 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.11.041>

Zhu, S., Zhao, X., Song, Y., Lu, S., & Yang, B. (2016). Beyond bottom-up carbon nanodots: Citric-acid derived organic molecules. *Nano Today*, 11(2), 128–132. <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2015.09.002>