



AGROINDUSTRIAL TECHNOLOGY JOURNAL

ISSN : 2599-0799 (print) ISSN : 2598-9480 (online)

Accredited SINTA 5 No.85/M/KPT/2020

ANALISIS DAN DESAIN SISTEM PRODUKSI BIOPLASTIK DARI PATI BIJI NANGKA

An Analysis and Design of Production System of Bio-plastics from Jackfruit Seeds Starch

Rafika Ratik Srimurni^{1)}, Wilda Harlia Devita²⁾, Rahmi Rismayani Deri¹⁾*

1)Staff Pengajar Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Nusantara

2)Staff Pengajar Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera

^{*)}E-mail korespondensi : rafika.ratik@uninus.ac.id

Info artikel : Diterima 26 Maret 2021, Diperbaiki 14 April 2021, Disetujui 15 April 2021

ABSTRACT

Bioplastic is an alternative packaging material developed from natural and environmentally friendly ingredients such as protein, polysaccharides, and fat. The high carbohydrate content in jackfruit seeds is possible to applying in produce plastics easily degraded. The composition of the plastics material from a mixture of jackfruit seeds and plasticizers such as glycerol is still not known the exact formula to obtain optimal physical properties and mechanical strength (tensile strength and elongation at break) from bio-plastics. This research aims to design the production system and determines the composition of bio-plastic materials to optimize the tensile strength and elongation at break bio-plastic from jackfruit seed starch and glycerol. To design the system, BPMN 2.0, Response Surface Methodology (RSM), as well as verification and validation were applied. The complexity in the bio-plastic production system from jackfruit seed starch to maximize the quality of the bio-plastics has a relationship between one another which is needed in system analysis and design. The verification results show zero error and zero warning at each modeling step. The best formulation of bio-plastics is the composition of starch content to water 6.08% and glycerol content to 30% with a tensile strength value of 0.76 MPa and elongation at break of 6.12%.

Keywords: RSM; BPMN; Design; Production System; Bio-plastics; Jackfruit;

ABSTRAK

Bioplastik merupakan salah satu alternatif bahan kemasan yang dikembangkan dari bahan alami dan ramah lingkungan seperti protein, polisakarida, dan lemak. Kandungan karbohidrat yang cukup tinggi pada biji nangka dapat dimanfaatkan menjadi bahan pembuatan plastik yang mudah terdegradasi. Komposisi bahan plastik dari campuran biji

angka dan *plastisizer* seperti gliserol masih belum diketahui formula yang tepat untuk memperoleh sifat fisik dan kekuatan mekanik (*tensile strength* dan *elongation at break*) yang optimal dari bioplastik. Penelitian ini mengkaji desain dan sistem produksi serta menentukan komposisi bahan bioplastik untuk optimasi *tensile strength* dan *elongation at break* bioplastik dari pati biji nangka dan gliserol. Metode yang digunakan yaitu analisis dengan menggunakan BPMN 2.0, desain sistem menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM), serta verifikasi dan validasi. Kompleksitas dalam sistem produksi bioplastik dari pati biji nangka untuk maksimasi kualitas bioplastik memiliki keterkaitan antara satu sama lain yang diperlukan dalam analisis sistem dan desain. Hasil verifikasi menunjukkan *zero error* dan *zero warning* di setiap langkah pemodelan. Formulasi terbaik bioplastik yaitu dengan komposisi kadar pati terhadap air 6.08 % dan kadar gliserol terhadap bahan 30 % dengan nilai *tensile strength* 0.76 Mpa dan *elongation at break* sebesar 6.12 %.

Kata kunci : RSM; BPMN; Desain; Sistem Produksi; Bio-plastik; Nangka;

PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu bahan kemasan yang sulit terdegradasi, terdiri dari polimer seperti polyethylene, polypropylene, polystyrene, polyurethane, dan nylon (R.Vignesh *et al.* 2016). Sifat plastik yang sukar terdegradasi mendorong penelitian ini untuk peneliti mengembangkan bahan alami yang lebih ramah lingkungan. Sifat plastik yang demikian disebut juga dengan bioplastik. Bahan baku yang dapat dijadikan sebagai bioplastik diantaranya selulosa biomassa karena mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (Rachmaniah *et al.*, 2009).

Bioplastik dari Poli- β -Hidroksialkanoat (PHA) dan hidroksilat pati sagu masih menghasilkan sifat mekanik bioplastik yang rendah (Syamsu *et al.* 2008). Bioplastik yang terbuat dari campuran pati dan air mempunyai sifat keras/kaku namun rapuh sehingga untuk memperoleh bioplastik yang elastis perlu

ditambahkan *plastisizer* seperti gliserol (Yu *et al.* 2006).

Purbasari *et al.* (2014) menganalisis bioplastik dari pati biji nangka dan gliserol dengan variabel jenis bahan (tepung dan pati biji nangka), kadar bahan terhadap air (4, 6, 8%), dan kadar gliserol terhadap bahan (30, 40, 50%) menghasilkan bioplastik dari pati biji nangka mempunyai warna lebih jernih serta *tensile strength* dan *elongation at break* relatif lebih tinggi dibandingkan bioplastik dari tepung biji nangka. Peningkatan kadar bahan terhadap air akan meningkatkan *tensile strength* dan menurunkan *elongation at break*, sedangkan peningkatan kadar gliserol akan menurunkan *tensile strength* dan meningkatkan *elongation at break* pada bioplastik. Biji nangka berpotensi untuk dijadikan bioplastik karena mengandung pati yang tinggi yaitu amilosa dengan kadar hingga 47,43%.

Penelitian Purbasari *et al.* (2016) dapat dikembangkan untuk mengetahui desain

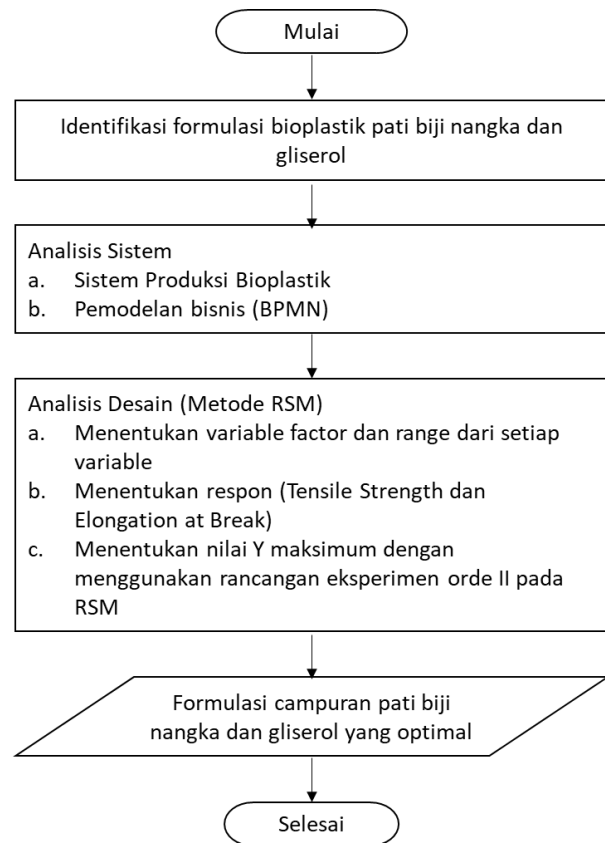
sistem produksi bioplastik dan formulasi bahan bioplastik yang tepat sehingga diperoleh sifat fisik dan sifat mekanik yang maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk : (1) Merancang sistem produksi bioplastik dari pati biji nangka, (2) menentukan komposisi bahan yang tepat untuk *optimasi tensile strength* dan *elongation at break* bioplastik.

Menurut Wasson dan Charles (2006), tahap awal untuk mengidentifikasi komponen-komponen dan mekanisme optimasi dalam memproduksi bioplastik dilakukan dengan analisis sistem agar tidak terjadi kesenjangan antara kebutuhan dan pengembangan sistem, produk, dan jasa. Langkah selanjutnya adalah desain system dan pengembangan sistem (implementasi)

Produksi bioplastik dari pati biji nangka dapat dianalisis menggunakan BPMN (*Business Process Model And Notations*) dengan *software Sybase power designer 16.5*. Sifat fisik dan sifat mekanik bioplastik dapat dioptimalkan menggunakan model desain sistem produksi bioplastik berbasis RSM (*Responses Surface Methodology*). RSM merupakan suatu metode gabungan antara teknik matematika dan teknik statistik yang digunakan untuk membuat model dan menganalisa suatu respon y yang dipengaruhi oleh beberapa variable x yang tujuannya untuk mengoptimalkan respon tersebut.

METODE PENELITIAN

Alur penelitian analisis dan desain sistem produksi bioplastik dari pati biji nangka tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur metode penelitian.

A. Identifikasi formulasi bioplastik pati biji nangka dan gliserol

Sistem ini dirumuskan secara matematis berdasarkan penelitian Purbasari *et al.* (2016) mengenai data kualitatif dari *tensile strength* dan *elongation at break* bioplastik dengan formulasi penggunaan pati biji nangka (4 %, 6 %, dan 8 %), serta gliserol (30 %, 40 % dan 50 %). Formulasi bahan bioplastik dari pati biji nangka dan gliserol dilakukan untuk mendapatkan formulasi terbaik dari sifat fisik dan sifat mekanik bioplastik. Pengujian sifat fisik dan

mekanik bioplastik yaitu *tensile strength* dan *elongation at break*. Formulasi ini terdapat pada BPMN yaitu pada swimlane I dan II stakeholder departemen produksi dan departemen *quality control*.

B. Analisis Sistem

Analisis dan pemodelan bisnis menggunakan BPMN, alur kerja menggunakan software Sybase Power Designer 16.5 BPMN versi 2.0. BPMN 2.0 pada penelitian ini dirancang dengan dua swimlane yang mewakili *stakeholder* departemen produksi dan departemen *quality control*. Pada swimlane I *stakeholder* departemen produksi yaitu mengenai unit penyediaan bahan baku dan unit pembuatan bioplastik dari pati biji nangka dan gliserol dengan formulasi pati biji nangka (4 %, 6 %, dan 8 %), serta gliserol (30 %, 40 % dan 50 %). Pada swimlane II *stakeholder* departemen *quality control* terdiri dari unit pengujian kandungan pati, unit pengujian sifat fisik dan mekanik bioplastik, serta proses analisis RSM.

Menurut Zimmermann *et al.* (2010), dalam pendekatan sistem yang tahapan awal yang diperlukan adalah analisa kebutuhan. Setelah itu, pembangunan diagram secara berurutan dari Proses Hirarki Diagram (PHD), Proses Bisnis Diagram (BPD), dan Proses Bisnis Modeling Notasi (BPMN).

Langkah yang diperlukan dalam menganalisis dan merancang sistem

produksi bioplastik dari pati biji nangka dijelaskan dibawah ini.

B.1 Sistem Produksi Bioplastik

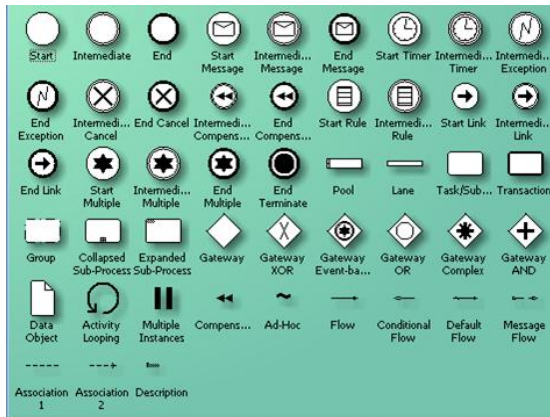
Sistem produksi bioplastik dari pati biji nangka merupakan elemen penyediaan bahan baku, proses pembuatan bioplastik, dan elemen pengujian bioplastik. Elemen-elemen tersebut dioperasikan secara terintegrasi, masing-masing dengan kemampuan yang ditetapkan secara eksplisit, bekerja secara sinergis untuk melakukan pengolahan nilai tambah. Sistem yang produksi yang dirancang adalah untuk memungkinkan pengguna dalam memenuhi kebutuhan operasional yang ditentukan dengan hasil yang diperoleh yaitu bioplastik dengan karakteristik yang baik.

B.2 Business Process Model And Notations (BPMN)

BPMN yang digunakan adalah BPMN versi 2.0. Standar notasi grafis diterapkan dalam proses pemodelan bisnis yang lebih mudah untuk dipahami yang memiliki peran dalam konfigurasi dan monitoring setelah implementasi system (Djatna, 2015).

Dalam dasar kategori elemen, variasi tambahan dan informasi dapat ditambahkan untuk mendukung kebutuhan untuk kompleksitas tanpa mengubah tampilan dasar diagram. Lima kategori dasar elemen BPMN adalah: *flow objects*, *data*, *connecting objects*, *swimlanes*, dan *artifacts*. Sedangkan dasar pada BPMN meliputi

event, activity, gateway, sequens flow, message flows, association, pool, lane, data object, dan group (Yudhayanto, 2016). Beberapa simbol yang digunakan dalam BPMN dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Simbol yang digunakan dalam BPMN.

C. Analisis dan Desain menggunakan RSM

Metode *Response Surface Methodology* (RSM) merupakan suatu strategi percobaan yang berguna jika respon dipengaruhi beberapa faktor dan tujuan percobaan adalah untuk mencari respon optimum (Trihaditia, 2015). Menurut Montgomery (2009), metode statistika adalah metode yang cocok digunakan untuk melihat hubungan antara satu atau lebih variable perlakuan dan metode permukaan respon merupakan suatu himpunan metode-metode matematika yang dilakukan secara berbentuk kuantitatif dengan sebuah variabel respon yang bertujuan untuk mengoptimalkan respon tersebut dalam suatu percobaan.

Metode RSM pada penelitian ini bertujuan untuk memperoleh maksimasi kualitas bioplastik yaitu *Tensile Strength* dan *Elongation at break*. Tahapan kerja untuk formulasi RSM :

C.1 Menentukan variabel faktor dan range dari setiap variable

Variabel faktor dari bioplastik pati biji nangka adalah : pati biji nangka (4 %, 6 %, dan 8 %), serta gliserol (30 %, 40 % dan 50 %).

C.2 Menentukan respon dan mempelajari bagaimana mengukurnya.

Tahap C.2 dilakukan pada BPMN swimlane I *stakeholder* departemen produksi mengenai unit penyediaan bahan baku dan unit pembuatan bioplastik dan swimlane II *stakeholder* departemen quality control. Variabel respon yaitu *Tensile Strength* dan *Elongation at break*.

C.3 Menentukan nilai variable respon

Menentukan nilai Y maksimum dengan menggunakan rancangan eksperimen orde II pada RSM :

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon$$

Keterangan :

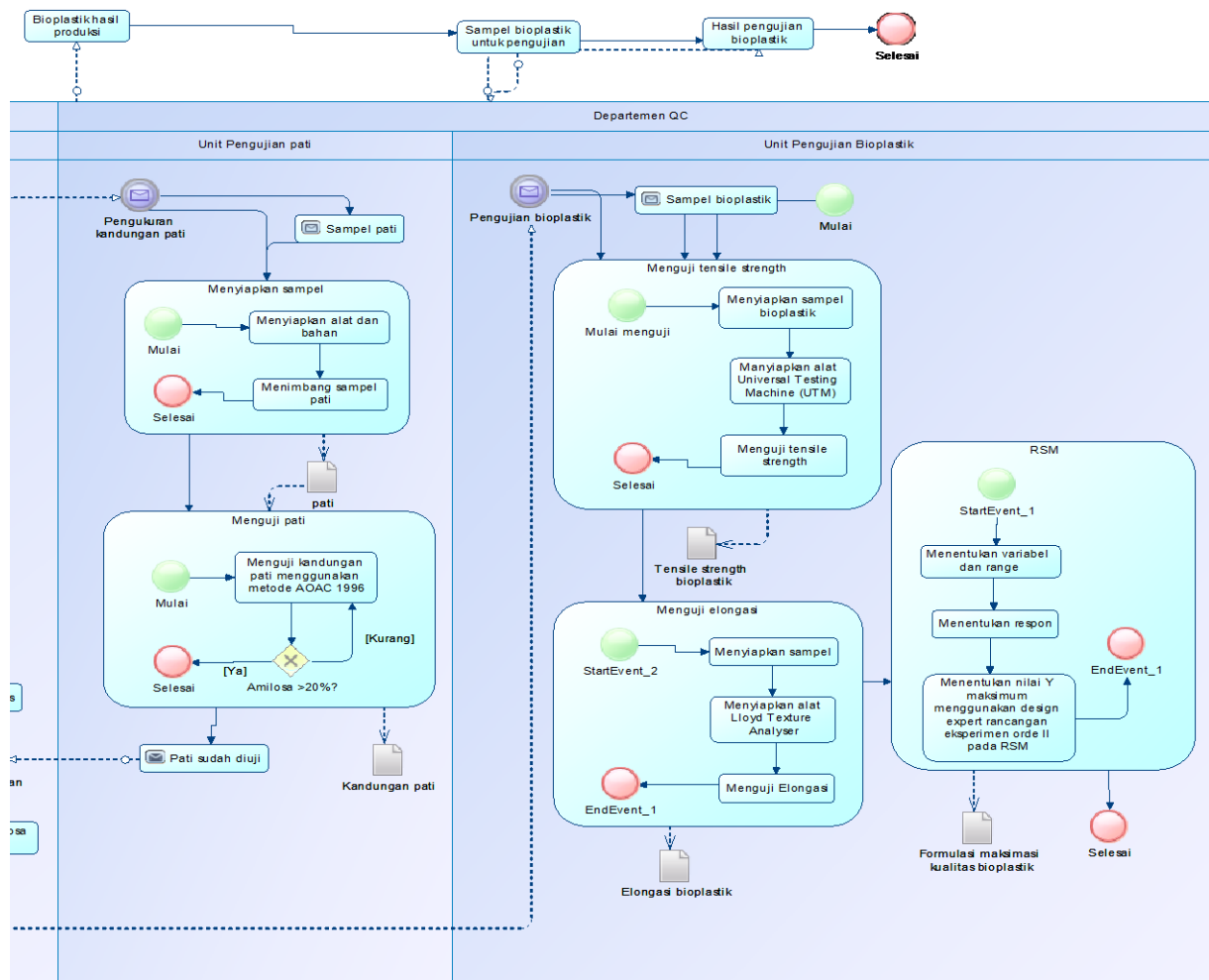
- Y = variabel respon
- β_0 = koefisien konstan
- β_i = koefisien linear
- X_i = variabel bebas ke-i
- X_j = variabel bebas ke-j
- β_{ii} = koefisien kuadrat
- β_{ij} = koefisien interaksi variabel i dan j
- ε = random error

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Sistem Produksi

Hasil analisis dan desain sistem produksi bioplastik dari pati biji nangka menggunakan software *Sybase power designer 16.5* melalui beberapa tahap yaitu menentukan batasan sistem produksi, tabel analisis kebutuhan produksi, sequence

diagram, use-case diagram, BPD, PHD, dan BPMN dimana masing-masing output menunjukkan 0 errors dan 0 warning. BPMN pada proses produksi bioplastik untuk memperoleh formulasi yang optimal terdapat di Section II (Gambar 3).



Gambar 3. BPMN Section II (Departemen *Quality Control*)

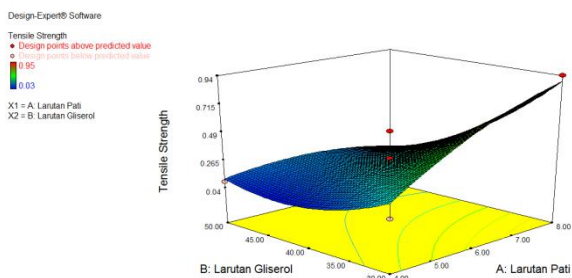
B. Desain Sistem menggunakan RSM

Desain sistem menggunakan RSM bertujuan untuk memaksimalkan kualitas bioplastik yaitu *tensile strength* dan *elongation at break*. Hasil penelitian Purbasari *et al.* (2016) bioplastik dari pati

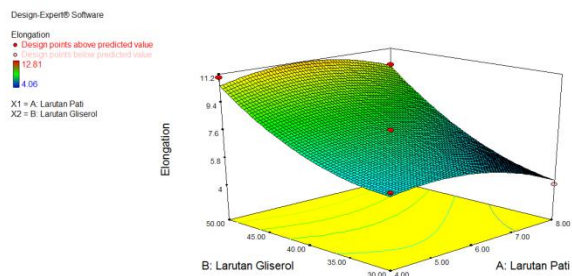
biji nangka dan gliserol maksimal menghasilkan *tensile strength* 0.94 MPa, dan *elongation at break* 11.71%. Sehingga untuk mencapai kualitas tersebut dibutuhkan analisis desain sistem menggunakan RSM.

Persamaan orde II untuk variable respon *tensile strength* hasil analisis RSM adalah $Y = 0,28 + 0,15*A - 0,24*B - 0,16*A*B - 0,072*A^2 + 0,14*B^2$.

Persamaan tersebut menghasilkan formula untuk memperoleh *tensile strength* 0.94 Mpa yaitu menggunakan campuran pati 8% dan gliserol 30%. Persamaan orde II untuk *elongation at break* adalah $Y = 7,66 - 0,56*A + 2,50*B + 1,34*A*B - 0,93*A^2 + 1,00*B^2$. Campuran larutan pati biji nangka 6.08% dan gliserol 30% dapat menghasilkan *elongation at break* 11.71%. RSM diagram untuk variable respon *tensile strength* dan *elongation at break* dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Diagram RSM *Tensile Strength*.



Gambar 5. Diagram RSM *Elongation at Break*

Formulasi yang tepat menurut hasil analisis RSM untuk memperoleh sifat fisik dan sifat mekanis bioplastik yang terbaik yaitu dengan komposisi kadar pati terhadap

air 6.08 % dan kadar gliserol terhadap bahan 30 % dengan nilai *tensile strength* 0.76 Mpa dan *elongation at break* sebesar 6.12 % (Gambar 6).

Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Larutan Pati	is in range	4	8	1	1	3
Larutan Gliserol	is in range	30	50	1	1	3
Tensile Strength	maximize	0.03	0.95	1	1	3
Elongation	maximize	4.06	12.81	1	1	3

Solutions						
Number	Larutan Pati	Larutan Gliserol	Tensile Streng	Elongation	Desirability	
1	6.08	30.00	0.671003	6.11996	0.495	Selected
2	5.79	50.00	0.172085	11.1705	0.354	
3	5.85	50.00	0.172029	11.1689	0.354	

Gambar 6. Formulasi terbaik hasil analisis desain menggunakan RSM.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kompleksitas dalam sistem produksi bioplastik dari pati biji nangka untuk maksimasi kualitas bioplastik memiliki keterkaitan antara satu sama lain yang diperlukan dalam analisis sistem dan desain. Hasil verifikasi menunjukkan zero error dan zero warning di setiap langkah pemodelan. Formulasi terbaik bioplastik yaitu dengan komposisi kadar pati terhadap air 6.08 % dan kadar gliserol terhadap bahan 30 % dengan nilai *tensile strength* 0.76 Mpa dan *elongation at break* sebesar 6.12 %.

Saran

Penelitian lebih luas dapat dikaji mengenai penambahan variabel faktor untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas bioplastik yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Djatna, T. (2015). *Buku Pegangan Responsi Analisis dan Desain Sistem Produksi Agroindustri dengan Pendekatan Digital Business Eco-System*. IPB: IPB Press
- Montgomery, D.C. (2009). *Design and Analysis of Experiments*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Purbasari A, Ariani EF, & Mediani RK. (2014). Bioplastik dari Tepung dan Pati Biji Nangka. Prosiding. Prosiding SNST ke-5 Tahun 2014 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. ISBN 978-602-99334-3-7.
- Rachmaniah O, Febriyanti L, dan Lazuardi K. (2009). Pengaruh Liquid Hot Water terhadap Perubahan Struktur Sel Bagas. Prosiding Seminar Nasional XIV, FTI-ITS, 30-40; Surabaya: 22-23 Juli 2009.
- R.Vignesh, R.Charu Deepika, P.Manigandan, R. Janani., (2016). "Screening of Plastic Degradaing Microbes from Various Dumped Soil Samples," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 03 (04): 2493-2498. DOI:<https://www.irjet.net/archives/V3/i4/IRJET-V3I4497.pdf>.
- Syamsu K, Pandji C, dan Waldi J. (2008). Karakterisasi bioplastik poli- β -hidroksialkanoat yang dihasilkan oleh *Ralstonia eutropha* pada substrat hidrolisat pati sagu dengan pemlastis isopropil palmitat. *J Tek Pert.* 3(2): 68-78.
- Trihaditia, R. (2015). Penentuan Formulasi Optimum pada Pembuatan Minuman Fungsional Rambut Jagung dengan Penambahan Madu dan Jeruk Nipis Menggunakan Metode RSM (*Response Surface Method*). [Tesis]. Bandung: Universitas Pasundan.
- Wasson, Charles S. (2006). *System Analysis Design And Development Concepts Principle And Practices*. Wiley Interscience Series In Systems Engineering And Managemant. A. John Wiley & Son , Inc, Publication.
- Yudhayanto, Y. (2016). Pengantar BPMN Business Process Modeling Notation. [diakses pada 14 April 2021]. Tersedia dari: <http://rumahstudio.com>
- Yu, L., Dean, K., and Li, L., (2006), Polymer Blends and Composites from Renewable Resources, *Progress in Polymer Science*, 31, pp. 576–602.
- Zimmermann T, Bordeanu N, Strub E. 2010. Properties of nano- fibrillated cellulose from different raw materials and its reinforcement potential. *Carbohydrate Polymers*, 79(4), 1086–1093