

Model Petri Net Produksi Tahu Pada Industri Skala Rumah Tangga

Deny Murdianto¹, Shinta Tri Kismanti² & Dwi Santoso³

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

³Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Borneo Tarakan

¹Corresponding author: denymurdianto@gmail.com

Abstract. The process of making tofu includes several steps, namely the process of soaking soybeans, washing soybeans, milling soybeans, boiling or cooking, filtering, settling and adding vinegar. The purpose of this study was to obtain a Petri Net model of the tofu making process and perform simulations with signed Petri Nets. Simulations are carried out to determine the dynamics that occur during the process of making tofu. The data used is by observation in a household-scale tofu and tempeh processing industry in Tarakan City. The Petri Net model obtained consists of six transitions and ten places. Assuming that every enabled transition will always be fired in every state, there are sixteen possible states that can be achieved in the Petri Net simulation.

Keywords: *household-scale industry; petri net; simulation; tofu; production.*

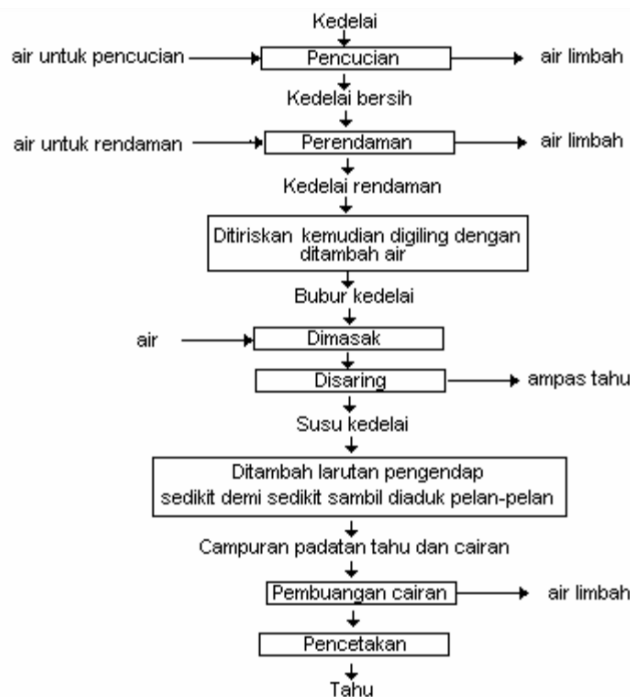
1 Pendahuluan

Tahu diproduksi dengan memanfaatkan sifat protein, yaitu akan menggumpal bila bereaksi dengan asam (cuka) [1]. Pembuatan tahu pada prinsipnya dibuat dengan mengekstrak protein, kemudian mengumpulkannya, sehingga terbentuk padatan protein. Cara penggumpalan susu kedelai umumnya dilakukan dengan cara penambahan bahan penggumpal berupa asam. Bahan penggumpal yang biasa digunakan adalah asam cuka, batu tahu, dan larutan bibit tahu (larutan perasan tahu yang telah diendapkan satu malam).

Proses pembuatan tahu meliputi beberapa tahap, yaitu proses perendaman kedelai, pencucian kedelai, penggilingan kedelai, perebusan atau pemasakan, penyaringan, pengendapan dan penambahan asam cuka [2]. Proses produksi tahu dimulai dari pencucian kedelai dan perendaman kedelai selama kurang lebih empat jam. Selanjutnya kedelai digiling menggunakan mesin penggiling untuk kemudian direbus. Umumnya hampir di semua industri pengolahan tahu memasak bubur kedelai dengan cara tradisional, yaitu menggunakan wajan yang dipasang permanen di atas tungku. Proses pemasakan dimulai dengan memasukan sejumlah air ke dalam wajan pemasak, kemudian dipanasi. Setelah panas, bubur kedelai hasil proses penggilingan dimasukan ke dalam wajan tersebut dan dipanaskan hingga mendidih.

Hasil rebusan kemudian disaring menggunakan kain belacu (mori kasar) ataupun kain sifon untuk memisahkan sari kedelai (susu kedelai) dengan ampasnya. Hasil utama penyaringan ini adalah sari kedelai, sedangkan hasil sampingannya berupa ampas yang banyak digunakan sebagai pakan ternak. Sari kedelai dikumpulkan di bak penampung untuk dilakukan proses pengasaman atau lebih dikenal dengan penggumpalan. Untuk menggumpalkan sari kedelai, para pengrajin menggunakan bahan asam yang dinamakan “bibit”. Bibit adalah bahan asam sisa proses penggumpalan sehari sebelumnya. Sisa bibit saat penggumpalan yang tidak dapat menggumpalkan sari bubur kedelai ditampung dalam wadah ember yang selanjutnya didinginkan selama semalam untuk digunakan sebagai bahan pengasaman pada hari berikutnya.

Selanjutnya sari kedelai dipindah ke wadah tempat cetak tahu. Kemudian dilakukan pengepresan dengan memberikan papan penjepit dan diberi beban sekuat-kuatnya agar semua air yang berada pada bubur kedelai terperas semua. Bubur kedelai yang telah digumpalkan selanjutnya dicetak menjadi tahu. Tahu yang akan dicetak sebelumnya dibungkus dengan kain belacu yang dipotong segiempat kecil-kecil. Setelah proses pembungkusan dan pencetakan adalah melepaskan kain belacu yang dipakai sebagai bungkus pada waktu proses pencetakan. Tahu yang sudah jadi selanjutnya dapat dipasarkan. Proses pembuatan tahu ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Proses Pembuatan Tahu [3]

Penelitian pada industri pengolahan tahu sudah banyak dilakukan, misalnya [4] yang melakukan analisis inovasi produk tahu dan [5] membahas tentang proses pengolahan ampas tahu di Indonesia dan beberapa sistem pengolahan alternatif. Rancangan teknologi pada produksi tahu juga sudah pernah dilakukan oleh [6] yang membuat alat pengepres tahu dengan sistem pneumatik *time delay valve* untuk optimalisasi proses produksi dan alat bantu pemotong tahu oleh [7]. Pemodelan produksi tahu dilakukan oleh [8], simulasi sistem produksi dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik guna meningkatkan kapasitas produksi pabrik tahu.

Pada proses pembuatan tahu, jumlah sumber daya yang terbatas dan waktu pelayanan/produksi yang lama akan menimbulkan masalah antrian. Permasalahan antrian ini merupakan permasalahan sistem diskrit yang sering dijumpai [9]. Petri Net (PN) merupakan salah satu alat yang dapat memodelkan dinamika sistem keadaan atau kejadian diskrit tersebut. Secara umum PN bertanda terdiri dari transisi, place, garis berarah dan bobot, serta token. PN telah banyak digunakan untuk memodelkan sistem, misalnya antrian pelayanan [9], pemodelan mesin produksi [10, 11], dan juga model pengolahan air bersih [12, 13].

Paradigma PN selama ini dianggap merepresentasikan *smart factory* dalam bingkai Industri 4.0. Secara khusus, beberapa token dalam model PN yang dipertimbangkan dari pabrik pintar dapat mewakili produk, sementara yang lain dapat memodelkan sumber daya. Dalam kerangka industri 4.0, produk dapat menyimpan, memproses, dan mengomunikasikan data; karenanya, mengalami keadaan yang berbeda tergantung pada status produksinya. Wajar untuk merepresentasikan produk yang menunjukkan perilaku dinamis sebagai PN itu sendiri [14].

Serupa dengan penelitian kami sebelumnya tentang model PN proses pembuatan tempe [15], meskipun industri pengolahan tahu dan tempe ini hanya berskala rumah tangga, menjadi hal yang penting untuk dapat menjamin tiap proses dilakukan secara terjadwal sesuai dengan sumber daya yang tersedia. Proses produksi selalu memiliki urutan yang terkadang menggunakan sumber daya sistem secara bersamaan. Model PN pada penelitian ini diharapkan mampu menggambarkan dinamika proses dan sumber daya tersebut.

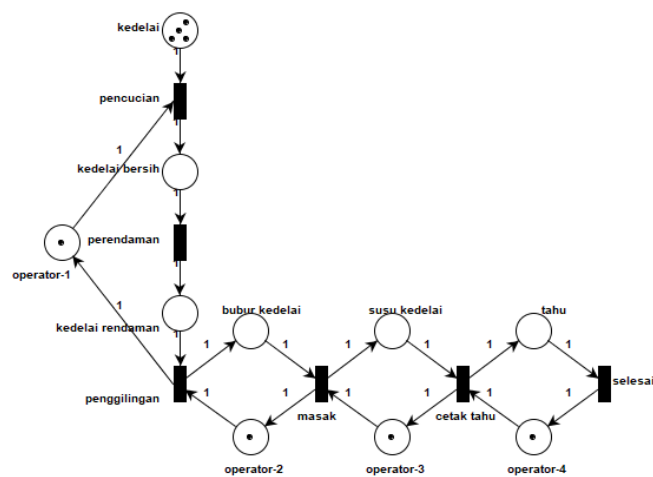
2 Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui wawancara dengan responden dan hasil pengamatan lapangan. Pengumpulan data dilakukan menggunakan lembar observasi sebagai panduan dalam melakukan wawancara secara mendalam (*indepth interview*) dengan responden. Observasi lapangan digunakan untuk meninjau secara cermat sistem produksi tahu. Pengamatan dilakukan mulai dari proses awal produksi hingga akhir produksi berupa tahu yang siap dipasarkan.

Adapun tahapan prosedur dalam penerapan model Petri Net melalui empat tahap, yaitu pengambilan data, membuat model Petri Net, membuat simulasi model Petri Net, dan menganalisis model Petri Net.

3 Hasil dan Pembahasan

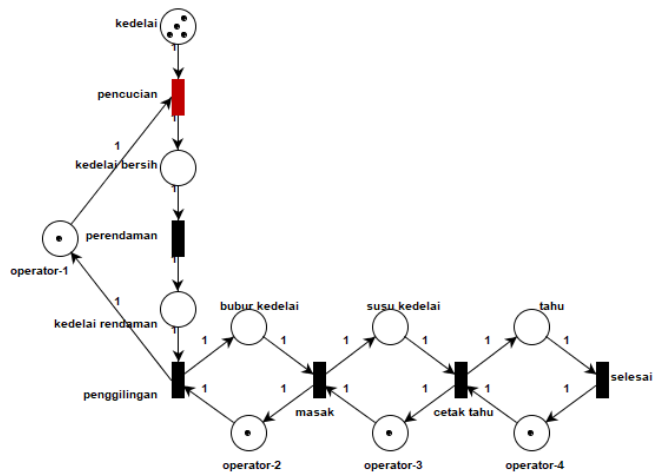
PN pada Gambar 2 dibuat berdasarkan data yang diperoleh dari salah satu pengolahan tahu dan tempe skala rumah tangga di Kota Tarakan. Terdiri dari enam transisi (menunjukkan proses) dan sepuluh *place* (menunjukkan keadaan kedelai dari awal hingga jadi tahu dan juga ketersediaan operator). Pada keadaan awal terdapat empat token di *place* kedelai (maksimum produksi per hari) dan masing-masing satu token di *place* operator-1 (mencuci dan merendam kedelai), operator-2 (menggiling kedelai), operator-3 (memasak kedelai), dan operator-4 (mencetak tahu).



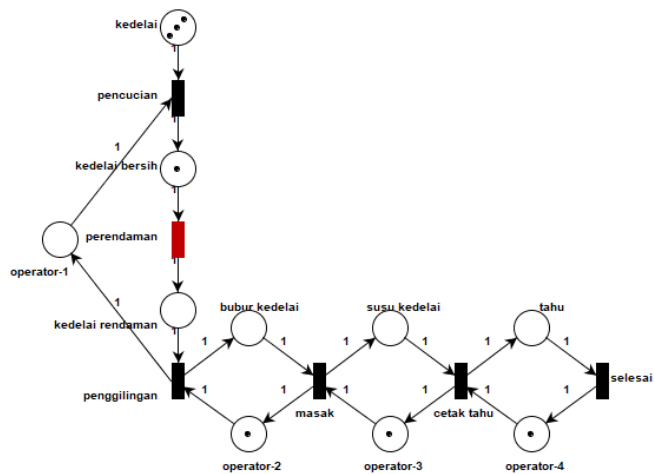
Gambar 2 PN Proses Pembuatan Tahu

Pada simulasi PN proses pembuatan tahu ini, semua transisi yang *enable* akan langsung *difire*. Akan dilihat dinamika yang terjadi pada tahapan proses dan juga sumber daya pekerja/operator yang terbatas. Apabila dinamika berulang maka simulasi akan dihentikan dan ditarik kesimpulan.

Pada keadaan awal (Gambar 3) hanya transisi pencucian yang *enable* (transisi yang berwarna merah). Jika transisi tersebut *difire* maka proses pencucian dilakukan operator-1 dan keadaan selanjutnya ditunjukkan Gambar 4.

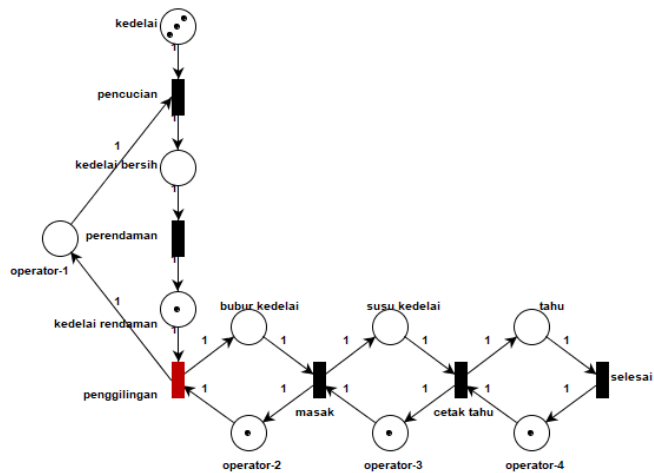


Gambar 3 Keadaan Awal PN



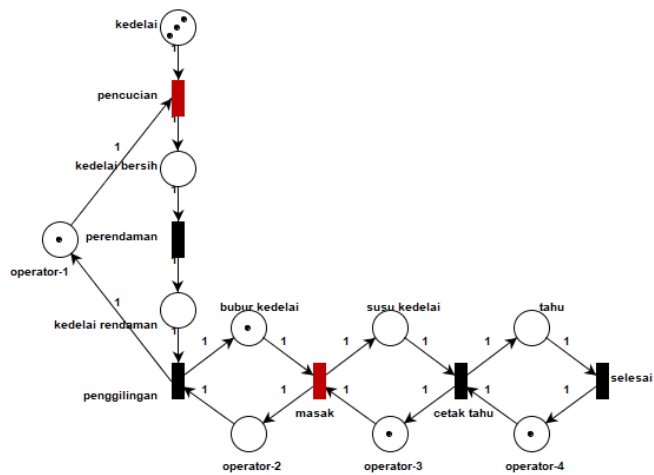
Gambar 4 Keadaan ke-1 PN

Dari Gambar 4 kita ketahui bahwa satu token berpindah dari *place* kedelai dan *place* operator-1 ke *place* kedelai bersih. Sehingga token di *place* kedelai sisa tiga dan tidak ada lagi token di *place* operator-1. Apabila transisi perendaman di-*fire*, maka satu token di *place* kedelai bersih berpindah ke *place* kedelai rendaman yang ditunjukkan Gambar 5.



Gambar 5 Keadaan ke-2 PN

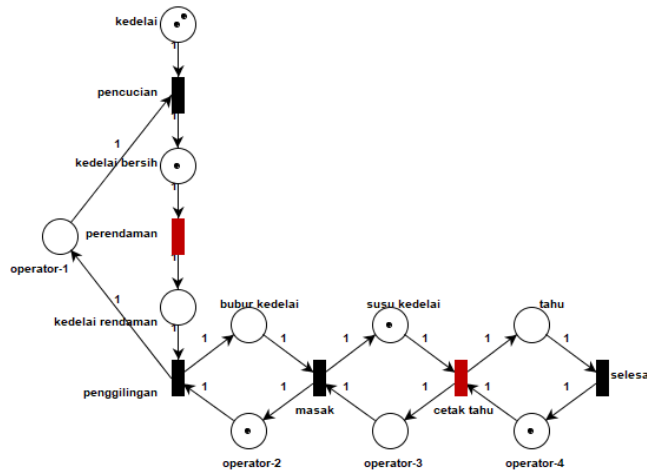
Satu-satunya transisi yang *enable* pada keadaan ke-2 ini adalah transisi penggilingan. Apabila transisi ini *difire*, maka token di *place* kedelai rendaman dan *place* operator-2 akan berpindah ke *place* bubur kedelai, seperti yang ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6 Keadaan ke-3 PN

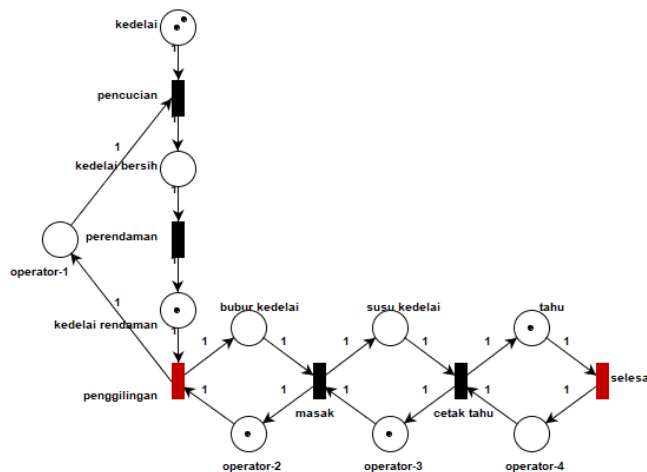
Pada keadaan ke-3 yang ditunjukkan Gambar 6 ada dua transisi yang *enable*, yaitu transisi pencucian dan transisi masak. Artinya operator-1 sudah siap kembali untuk melakukan

pencucian kedelai untuk siklus yang kedua, sedangkan operator-3 siap memasak untuk siklus yang pertama. Setelah kedua transisi *enable difire* secara bersamaan, maka akan diperoleh keadaan ke-4 yang ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7 Keadaan ke-4 PN

Pada keadaan yang ditunjukkan Gambar 7, kembali terdapat dua transisi yang *enable*, yaitu transisi perendaman dan transisi cetak tahu. Jika kedua transisi *enable difire* secara bersamaan, akan diperoleh keadaan yang ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8 Keadaan ke-5 PN

Saat keadaan ke-5 dicapai, maka proses pembuatan tahu untuk siklus yang pertama hampir selesai, yaitu tinggal satu langkah lagi (pemfirean transisi selesai). Sedangkan untuk siklus yang kedua proses pembuatan tahu, kedelai rendaman sudah siap untuk dilakukan proses penggilingan (pemfirean transisi penggilingan). Jika kedua transisi *enable* tersebut difire, maka keadaan akan berulang seperti keadaan ke-3. Hanya berbeda jumlah token di *place* kedelai yang sekarang hanya dua.

Dinamika selanjutnya akan kami sajikan dalam bentuk tabel dengan permisalan x (keadaan), t (transisi), dan p (*place*) sebagai berikut:

x_0	: keadaan awal	p_2	: kedelai bersih
$x_{1,2,\dots}$: keadaan ke-1, 2, ..., dst	p_3	: kedelai rendaman
t_1	: pencucian	p_4	: bubur kedelai
t_2	: perendaman	p_5	: susu kedelai
t_3	: penggilingan	p_6	: tahu
t_4	: masak	p_7	: operator-1
t_5	: cetak tahu	p_8	: operator-2
t_6	: selesai	p_9	: operator-3
p_1	: kedelai	p_{10}	: operator-4

Tabel 1 Dinamika PN

Keadaan	Transisi <i>enable</i> yang difire
$x_0 = [4, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1]$	t_1
$x_1 = [3, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1]$	t_2
$x_2 = [3, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1]$	t_3
$x_3 = [3, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1]$	t_1, t_4
$x_4 = [2, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1]$	t_2, t_5
$x_5 = [2, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0]$	t_3, t_6
$x_6 = [2, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1]$	t_1, t_4
$x_7 = [1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1]$	t_2, t_5
$x_8 = [1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0]$	t_3, t_6
$x_9 = [1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1]$	t_1, t_4
$x_{10} = [0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1]$	t_2, t_5
$x_{11} = [0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0]$	t_3, t_6
$x_{12} = [0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1]$	t_4
$x_{13} = [0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1]$	t_5
$x_{14} = [0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0]$	t_6

$x_{15} = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1]$	—
---	---

Berdasarkan Tabel 1 di atas, terdapat enam belas keadaan yang mungkin dicapai pada simulasi PN. Perulangan terjadi pada beberapa keadaan yang serupa (siklus), yaitu saat x_3, x_6, x_9 , dan x_{12} ; x_4, x_7, x_{10} , dan x_{13} ; x_5, x_8, x_{11} , dan x_{14} . Perbedaan hanya terletak pada jumlah token di *place* p_1 yang terus berkurang setiap siklusnya.

4 Kesimpulan

PN proses pembuatan tahu terdiri dari enam transisi (menunjukkan proses) dan sepuluh *place* (menunjukkan keadaan kedelai dari awal hingga jadi tahu dan juga ketersediaan operator). Pada keadaan awal terdapat empat token di *place* kedelai (maksimum produksi per hari) dan masing-masing satu token di *place* operator-1 (mencuci dan merendam kedelai), operator-2 (menggiling kedelai), operator-3 (memasak kedelai), dan operator-4 (mencetak tahu).

Dengan asumsi setiap transisi *enable* akan selalu *difire* di setiap keadaan, didapatkan enam belas keadaan yang mungkin dicapai pada simulasi PN.

5 Referensi

- [1] Widaningrum, I., 2015, *Teknologi Pembuatan Tahu Yang Ramah Lingkungan (Bebas Limbah)*, Jurnal Dedikasi, **12**, 14–21.
- [2] Ardiawan, A. & Walujo, D. A., 2016, *Perancangan Mesin Penyaringan Dalam Proses Pembuatan Tahu Guna Meningkatkan Hasil Produktivitas Dalam Skala Home Industry*, WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA, **14**(2), 39–42.
- [3] Said, N. I. & Wahjono, H. D., 1999, *Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob Dan Aerob*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- [4] Handayani, T., 2018, *Analysis of Product Innovation of Cibuntu Tofu at Cibuntu Tofu Center Bandung*, in International Conference on Business, Economic, Social Sciences and Humanities (ICOBEST 2018), pp. 346–348.
- [5] Faisal, M., Gani, A., Mulana, F. & Daimon, H., 2016, *Treatment and Utilization of Industrial Tofu Waste in Indonesia*, Asian Journal of Chemistry, **28**(3), 501–507.
- [6] Kartika, M., Febriyani, M., Wijaya, M. I. & Purnawan, 2021, *Technology of Tofu Pressing Tool With Time Delay Valve Pneumatic System*, in Proceedings of the 6th UPI International Conference on TVET 2020 (TVET 2020), pp. 224–229.
- [7] Kurniawati, R., Fitriani, L. & Chandradhinata, D., 2019, *An Analytical Hierarchy Process for Tofu Micro and Medium Enterprises Product Plan*, Journal of Physics: Conference Series, **1402**(2), 022036.
- [8] Talitha, T. & Berliyana, R., 2022, *Simulation Model of Production System Using Dynamic System Approach to Increase Production Capacity Tofu Factory*, OPSI, **15**(2), 228–237.
- [9] Murdianto, D. & Santoso, H., 2020, *Pemodelan Prosedur Karantina Pendetang Dalam Rangka Pencegahan Covid-19 Di Kota Tarakan Menggunakan Petri Net*, BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan, **14**(4), 587–596.

- [10] Murdianto, D. & Santoso, D., 2019, *Pemodelan Mesin Pengering Biji-Bijian Tipe Batch Menggunakan Hybrid Petri Net*, Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan, **7**(2), 115–120.
- [11] Murdianto, D. & Santoso, D., 2022, *Pemodelan Mesin Pencacah Limbah Pertanian Menggunakan Petri Net*, J-PEN Borneo: Jurnal Ilmu Pertanian, **5**(1), 1–5.
- [12] Murdianto, D., & Adzkiya, D., 2016, *Modeling Water Treatment Plant Using Continuous Petri Nets*, in 6th Annual Basic Science International Conference, pp. 540–543.
- [13] Murdianto, D., 2022, *Modeling of Water Treatment Plant using Hybrid Petri Nets*, International Journal of Computing Science and Applied Mathematics, **8**(1), 26–30.
- [14] Latorre-Biel, J. I., Faulín, J., Juan, A. A. & Jiménez-Macías, E., 2018, *Petri Net Model of a Smart Factory in the Frame of Industry 4.0*, IFAC-PapersOnLine, **51**(2), 266–271.
- [15] Murdianto, D., 2022, *The Petri Net Simulation of Tempeh Processing Proses with Four Operators*, Kadikma, **13**(2), 88–93.