

Perancangan Mikro-Ekstruder Untuk Pembuatan Calcium Alginat Mikrokapsul Berbasis *Peristaltic Pump*

Reza Diharja¹⁾, Achmad Zulfadly¹⁾, Sriwiji Lestari¹⁾ dan Lukman Nulhakim^{2,*)}

- 1) Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya
- 2) Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya

*) *Corresponding author*: Lukman.nh.st@gmail.com

Abstract

Microencapsulation was used for pharmaceutical industry processes in the 1930s. Pharmaceutical processes involve solids, liquids, and even gases being enclosed in a polymeric material around a substance producing tiny droplets of a solid or liquid material. Polymers are used to protect substances from the environment. A standard method for encapsulation using calcium alginate polymer is extrusion using a syringe pump. However, this process cannot produce large-scale capsules. Due to the limited capacity for holding alginate in the syringe pump, in this study, a peristaltic pump was used in the encapsulation process system to increase production capacity to a greater extent. The drop rate of sodium alginate is regulated by adjusting the speed of the peristaltic pump motor using a potentiated input processed in the Arduino Uno R3 microcontroller. The height of the syringe is adjusted by a DC motor. The level of the sodium alginate solution is controlled by the load cell. The micro-extruder for manufacturing calcium alginate microcapsules can be made using a peristaltic pump where the optimal height distance between the needle and the solution is a maximum of 5 cm and for optimal RPM is 12 RPM. The maximum size of the resulting capsule radius is 3.14 mm.

Abstrak

Mikroenkapsulasi digunakan untuk proses industri farmasi pada tahun 1930-an. proses farmasi melibatkan padat, cair dan bahkan gas yang akan ditutup dalam bahan polimer di sekitar zat yang menghasilkan tetesan kecil zat padat atau bahan cair. Polimer digunakan untuk melindungi zat dari lingkungan. Metode yang umum untuk proses enkapsulasi menggunakan polymer kalsium alginat adalah ekstruksi menggunakan *syringe pump*. Namun proses ini tidak dapat memproduksi kapsul skala besar, Karena keterbatasan kapasitas penampungan alginat dalam *syringe pump*, Pada penelitian ini *peristaltic pump* digunakan pada sistem proses enkapsulasi untuk meningkatkan kapasitas produksi lebih besar. Kecepatan tetesan sodium alginat di atur dengan mengatur kecepatan motor *peristaltic pump* dengan menggunakan input potensio yang di proses di mikrokontroler arduino uno R3. Ketinggian jarum suntik diatur dengan Motor DC. *Level* ketinggian larutan sodium alginat dikontrol oleh *load cell*. Alat mikro-ekstruder untuk pembuatan kalsium alginat mikrokapsul dapat di buat menggunakan *peristaltic pump* dimana jarak ketinggian optimal antara jarum dengan larutan maksimal 5 cm dan untuk RPM optimal adalah 12 RPM. Ukuran optimum jari - jari kapsul yang dihasilkan dengan ukuran sebesar 3,14 mm.

Kata kunci : *Peristaltic Pump, Microcapsule, Calcium Alginate, Extruder.*

PENDAHULUAN

Enkapsulasi didefinisikan sebagai teknologi pengemasan padatan, larutan, gas dalam sebuah bahan (material) kapsul yang bisa melepaskan kandungan didalamnya pada kondisi tertentu [1]. Bahan itu digunakan untuk melindungi zat dari lingkungan sekitarnya[2]. Pada tahun 1931, gelatin digunakan untuk mengenkapsulasi obat-obatan berdasarkan teknik koaservasi [3,4]. Berbagai teknik telah dikembangkan untuk menghasilkan ukuran kapsul, komposisi, dan fungsinya yang berbeda [5,6,7]. Metode ekstruksi adalah salah satu dari teknik populer yang digunakan untuk membentuk mikrokapsul dalam jumlah besar [5]. Metode ekstruksi melalui sebuah kapiler kaca dapat menghasilkan butiran dengan mudah tetapi butiran yang dihasilkan agak besar (100-1000 mm). Tegangan tinggi dan kontrol laju aliran diterapkan pada konduktif nozzle jarum suntik untuk mengurangi ukuran tetesan. Beberapa teknik lain didasarkan pada pemisahan fase dalam mikrofluida dan kontrol suhu tinggi untuk menghasilkan mikrokapsul. Namun teknik ini membutuhkan kondisi yang ekstrim untuk berhasil dalam produksi mikrokapsul. Selain parameter kontrol untuk suhu dan pemisahan fase, mikroenkapsulasi juga dapat ditingkatkan dengan seleksi bahan [8]. Mikro-ekstrusi adalah teknik sederhana yang digunakan untuk enkapsulasi sel, obat dan zat makanan [5]. Untuk teknik mikroekstrusi, butiran mikro atau mikrokapsul sebelumnya dapat digunakan untuk mengenkapsulasi sel [9], karena sederhana dan stabilitasnya. Jumlah yang besar dan konsisten dari mikrokapsul dapat diproduksi dengan menggunakan teknik ini. Metode mikro-ekstrusi yang umum digunakan ekstrusi menggunakan *Syringe pump*. Namun proses ini tidak dapat memproduksi kapsul skala besar, Karena keterbatasan kapasitas penampungan alginat dalam *syringe pump*. Pada penelitian ini *peristaltic pump* digunakan pada sistem proses enkapsulasi untuk meningkatkan kapasitas produksi lebih besar.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Larutan Sodium Alginat dan Kalsium Klorida

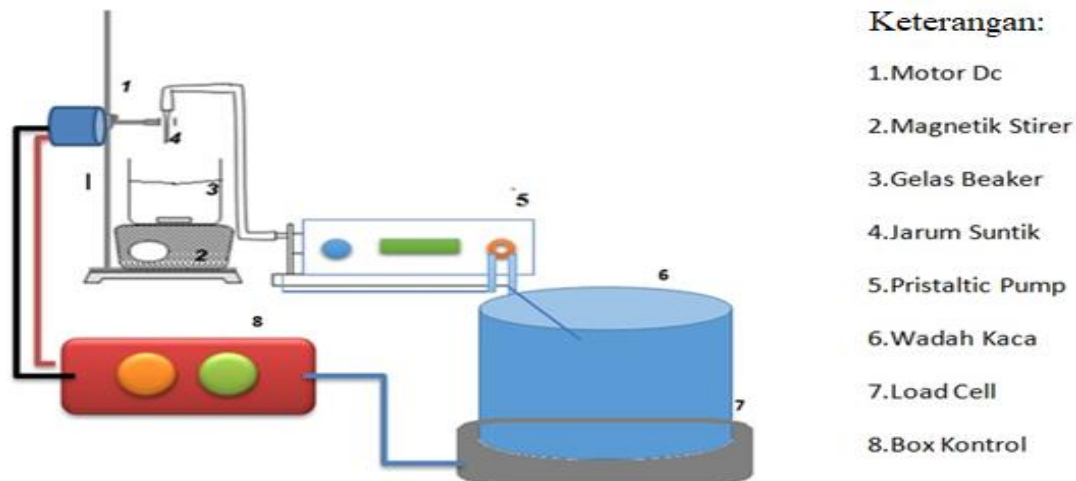
Untuk membuat larutan sodium alginate adalah dengan menimbang padatan sodium alginate seberat 1 gram dan dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL, ditambahkan air sebanyak 100 mL kemudian dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* dan didiamkan selama 1 jam untuk memungkinkan deaerasi. Sedangkan untuk membuat larutan CaCl_2 yang dilakukan adalah menimbang CaCl_2 sebanyak 2,775 gr, selanjutnya, padatan CaCl_2 di larutkan dengan dalam 100 mL *aquadest* dalam gelas beker [10].

Pembuatan Alat Mikro-Ekstruder

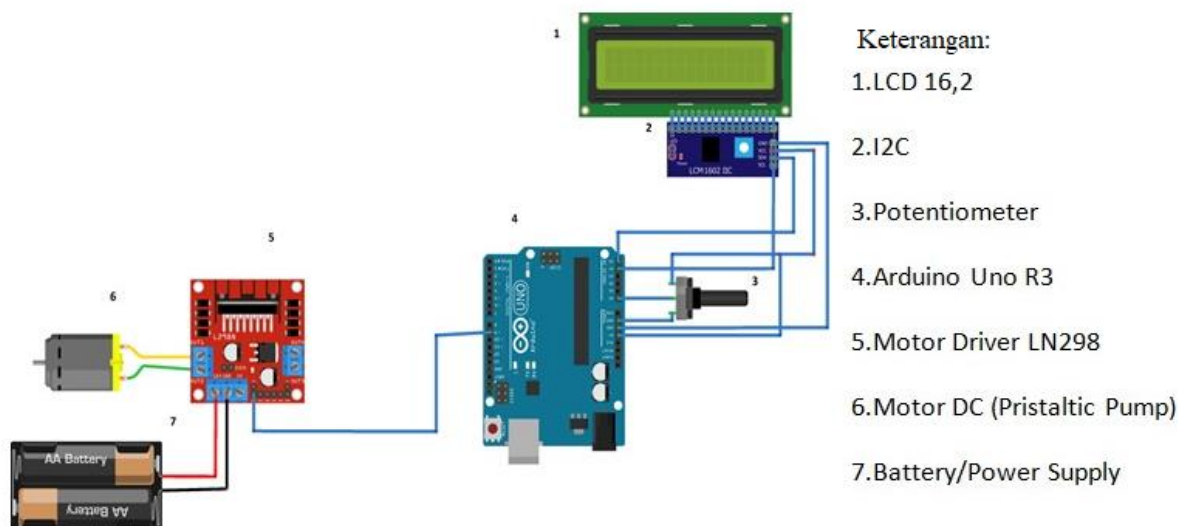
Alat dibuat mengikuti rangkaian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Alat Mikro-Extruder ini terdiri dari tiga komponen utama yaitu rangkaian *Syringe Pump* yang berfungsi untuk mengatur debit larutan kalsium alginate yang diekstruksi ke dalam larutan CaCl_2 ; Rangkaian Dinamo DC yang berfungsi untuk mengatur ketinggian jarum suntik (Gambar 3) dan Rangkaian Load Cell yang berfungsi sebagai pengendali ketinggian larutan Sodium Alginate dalam wadah kaca (Gambar 3). Tahapan penggunaan alat adalah sebagai berikut:

1. Pastikan *power supply* terhubung ke *box* kontrol (Gambar 1.8) dan kontrol *peristaltic pump* (Gambar 1.5).
2. Atur Ketinggian jarum suntik (Gambar 1.4) dengan Menggerakkan Motor Dc (Gambar 1.1). Dengan cara menekan tombol yang ada di *box* kontrol (Gambar 1.8). *box* kontrol terdiri dari komponen *Push Button* sebagai *Input* (Gambar 3.1), Arduino sebagai Kontroler (Gambar 3.2) *Motor Driver* (Gambar 3.3), Motor DC Sebagai *Output* nya (Gambar 3.4).

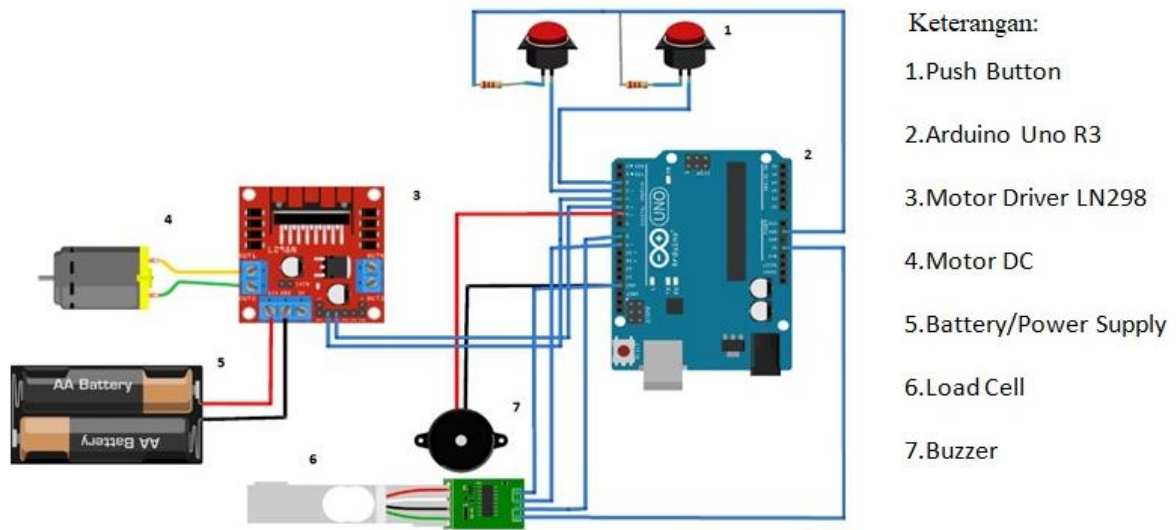
3. Atur debit larutan sodium alginat yang keluar dari jarum suntik (Gambar 1.4) dengan cara mengatur kecepatan pada *Peristaltic Pump* (12-60 RPM) (Gambar 1.5). *Peristaltic Pump* yang terdiri dari *Potentiometer* sebagai *Input* nya (Gambar 2.3) dan *Arduino Uno* Sebagai *Kontroler* (Gambar 2.4) *Motor Driver*(Gambar 2.5) dan *Motor Dc Peristaltic Pump* (Gambar 2.6) Sebagai *Akuator*. Dan perubahan RPM akan di munculkan dalam layar *LCD* 16,2 (Gambar 2.1).
4. Selanjutnya tunggu sistem bekerja kemudian saring mikro kapsul yang berada di dalam *Gelas Beaker* (Gambar 1.3) untuk di ambil fotonya.



Gambar 1. Rangkaian Alat Mikro-Ekstruder



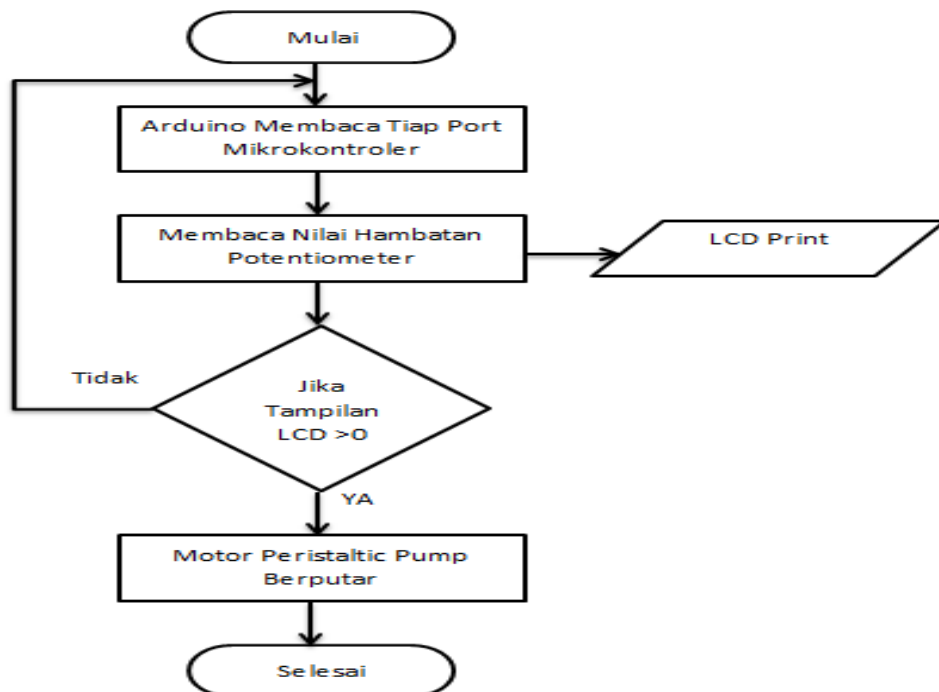
Gambar 2. Rangkaian Kontrol *Peristaltic pump*



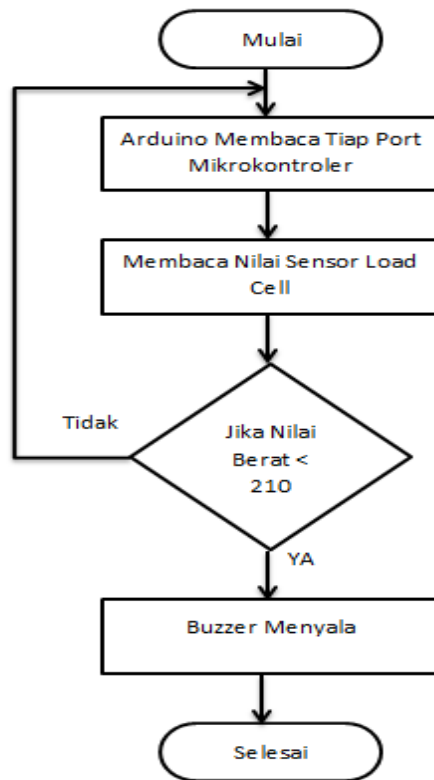
Gambar 3. Rangkaian Box Kontrol untuk *Motor DC* dan *Load Cell*

Pembuatan Program

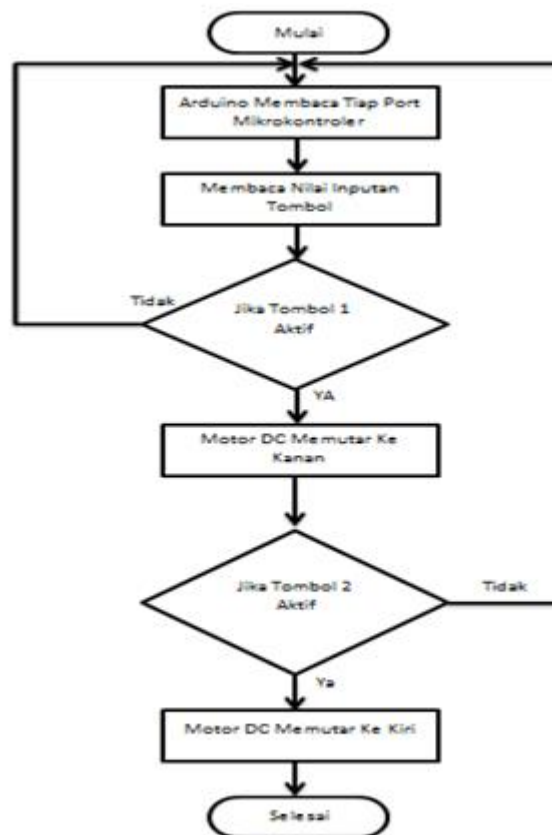
Arduino Uno yang digunakan diprogram menggunakan Software Arduino Ide. Algoritma program untuk Rangkaian *Pristaltic Pump*, *Motor Dc* dan *Load Cell* dapat dilihat pada Gambar 4-6.



Gambar 4. *Flowchart* Kontrol *Peristaltic Pump*



Gambar 5. Flowchart Load Cell



Gambar 6. Flowchart Kontrol Ketinggian






HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, alat mikrokapsul berbasis *Peristaltic Pump* berhasil dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Bentuk mikrokapsul yang dihasilkan bergantung dari jarak jarum suntik dengan larutan CaCl_2 , seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Ketika tetesan sodium alginat masuk kedalam larutan CaCl_2 , maka akan terjadi *cross link* dan terbentuklah butiran kalsium alginate [12]. Pada Tabel 1, ketika jarak antara larutan CaCl_2 dengan jarum suntik adalah 6 cm, bentuk butiran kalsium alginate berbentuk air mata dan dibawah 5 cm berbentuk bulat sempurna. Hal ini serupa yang ditunjukkan oleh *chan et al* (2009) dalam penelitiannya, bentuk butiran alginate bergantung terhadap jarak permukaan larutan CaCl_2 dengan jarum suntik[13].

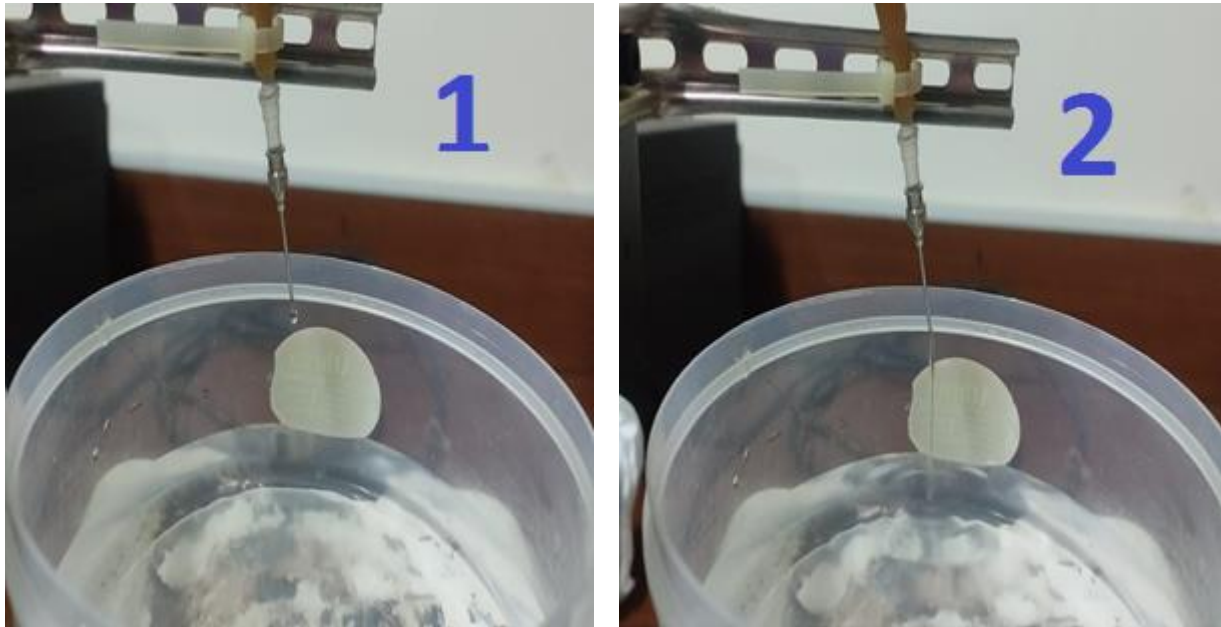


Gambar 7. Mikro-Ekstruder Mikrokapsul Berbasis *Peristaltic Pump*

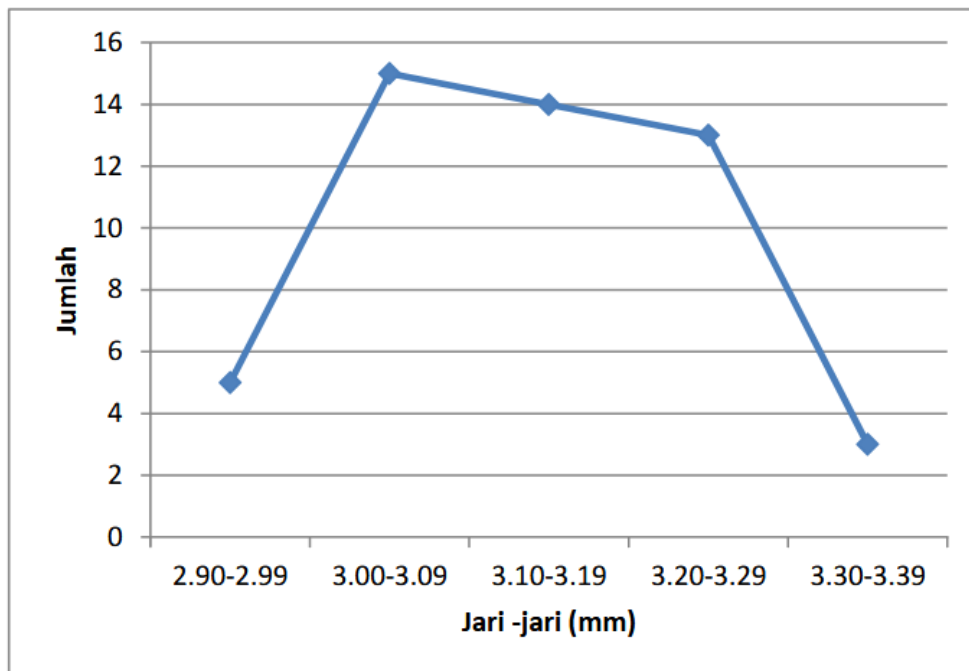
Tabel 1. Foto mikrokapsul berdasarkan perbedaan jarak jarum suntik dengan larutan CaCl₂

No	Jarak Ketinggian Larutan CaCl ₂ dengan Jarum (cm)	Foto
1	6	
2	5	
3	4	
4	3	
5	2	

Kecepatan putaran dinamo *Perstaltic Pump* mempengaruhi pola aliran dari larutan sodium alginat ketika keluar dari jarum suntik seperti yang di tunjukkan oleh Gambar 8. Pada kecepatan 12 RPM (Gambar 8.1) dihasilkan tetesan larutan sodium alginat sehingga dihasilkan butiran-butiran kalsium alginat. Pada kecepatan 60 RPM (Gambar 8.2) tidak dihasilkan tetesan melainkan semburan, sehingga butiran alginat tidak terbentuk.

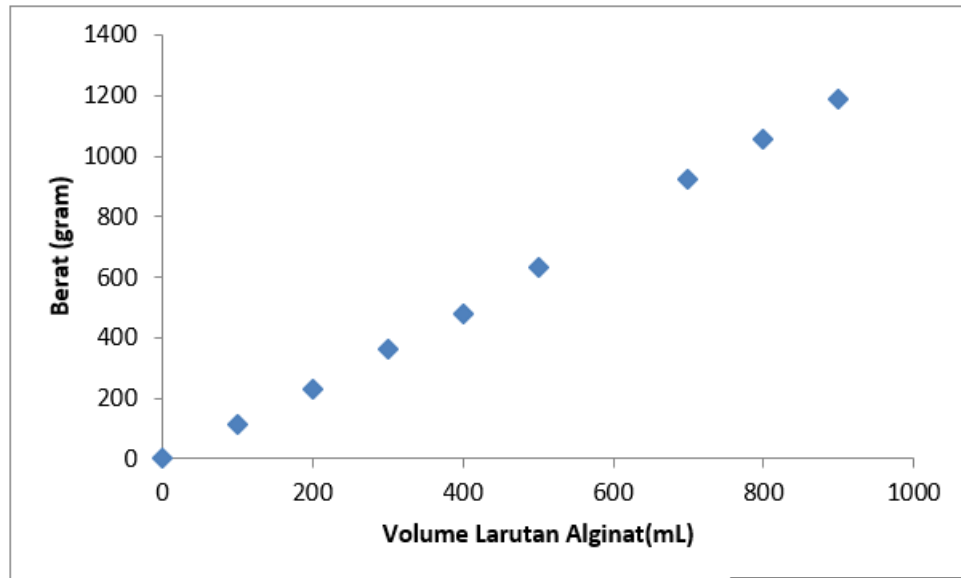


Gambar 8. Bentuk aliran dengan variasi kecepatan 12 RPM(1) dan 60 RPM (2)



Gambar 9. Distribusi Jari – Jari Butiran Kalsium Algiante

Pada penelitian ini jari – jari mikrokapsul yang dihasilkan beranekaragam dimana distribusi Jari mikrokapsul dapat dilihat pada Gambar 9. Jari – jari butiran kalsium alginate terkecil yang dihasilkan adalah 2,9 mm dan terbesar adalah 3,39 mm, dimana rata – rata ukuran butir yang dihasilkan sebesar 3,14 mm.



Gambar 10. Grafik hubungan volume air terhadap berat yang di baca oleh *load cell*

Level ketinggian/volume larutan sodium alginate dalam wadah kaca dijaga agar tidak kurang dari 200 mL yang bertujuan untuk menjaga ketersediaan larutan sodium alginate tidak habis. Karena densitas larutan sodium alginate konstan, maka level ketinggian/volume larutan akan berbanding lurus dengan berat larutan seperti yang ditunjukkan pada gambar 10. Berat larutan sodium alginate dibaca oleh *load cell* yang terhubung dengan dengan alat kontrol (arduino uno). Ketika berat yang terbaca 210 gr (200 mL) maka arduino akan memberikan data output untuk menyalakan buzzer. Ketika buzzer berbunyi merupakan tanda untuk operator mengisi wadah kaca.

KESIMPULAN

Alat mikro-ekstruder untuk pembuatan calcium alginate mikrokapsul dapat di buat menggunakan *Pristaltic Pump* dimana jarak ketinggian optimal antara jarum dengan larutan maksimal 5 cm dan untuk RPM optimal adalah 12 RPM Ukuran optimum jari - jari kapsul yang dihasilkan dengan ukuran sebesar 3,14 mm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada Laboratorium OTK dan Laboratorium Sistem Kontrol Otomasi FTI-UJ karena telah memberikan fasilitas pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D.W, Lee., S.J , Hwang., J.B, Park., H.J, Park., Preparation and release characteristics of polymer-coated and blended alginate microspheres. *Journal of Microencapsulation* 20, 179–192, 2003
- [2] G. A dan B. Dey, “Microencapsulation for controlled drug delivery: a comprehensive review,” *Sunsari Technical College Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 48-54, 2013.
- [3] K. N. Sachan, B. Singh dan R. K. Rao, “Controlled drug delivery through microencapsulation,” *Malaysian J Pharm Sci*, vol. 4, no. 1, pp. 65-81, 2006.
- [4] Y. Fukui, T. Maruyama, Y. Iwamatsu, A. Fujii, T. Tanaka, Y. Ohmukai dan H. Matsuyama, “Preparation of monodispersed polyelectrolyte microcapsules with high encapsulation efficiency by an electrospray technique,” *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and*, vol. 370, no. 1, pp. 28-34, 2010.
- [5] A. Kang, J. Park, J. Ju, S. G. Jeong dan H. S. Lee, “Cell encapsulation via microtechnologies,” *Biomaterials*, vol. 35, no. 9, pp. 2651-2663, 2014.
- [6] C. Tomaro-Duchesneau, S. Saha, M. Malhotra, I. Kahouli dan S. Prakash, “Microencapsulation for the therapeutic delivery of drugs, live mammalian and bacterial cells, and other biopharmaceutics: current status and future directions,” *Journal of Pharmaceutics*, 2012.
- [7] J. Wan, “Microfluidic-based synthesis of hydrogel particles for cell microencapsulation and cell-based drug delivery,” *Polymers*, vol. 4, no. 2, pp. 1084-1108, 2012.
- [8] A. T. Bressel, H. A. Paz, G. Baldo, C. E. O. Lima, U. Matte dan L. M. Saraiva-Pereira, “An effective device for generating alginate microcapsules,” *Genetics and Molecular Biology*, vol. 31, no. 1, pp. 136-140, 2008.
- [9] R. Dubey, “Microencapsulation technology and applications,” *Defence Science Journal*, vol. 59, no. 1, pp. 82-95, 2009.
- [10] I. M. Terani, S. Nurwindah, “Enkapsulasi Urine Kelinci Sebagai Pupuk Organik. Teknik Kimia Universitas Jayabaya, Jakarta, 2021.
- [11] G. T, Grant., E. R, Morris., D. A, Rees, P. J. C, Smith. & D, Thom. . *FEBS. Letters*, 32. 195-198. 1973
- [12] E.S ,Chan., A.B.-B, Lee., P, Ravindra & D, Poncelet. Prediction models for shape and size of ca-alginate macrobeads produced through extrusion–dripping method. *Journal of Colloid and Interface Science*, Volume 338, pp. 63-72. 2009.