

Perancangan Alat Pembuat Lembaran Material Non-Gelatin

Budi Triyono¹, Gan Gan Syachkuala²

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : authora@polban.ac.id

²Jurusan Akuntansi, Politeknik Pos Indonesia, Bandung 40012

E-mail : authorb@poltepos.ac.id

ABSTRAK

Proses enkapsulasi *softgel* merupakan proses pembuatan kapsul lunak yang berisi cairan semi padat atau solid. Produk kapsul lunak saat ini terbuat dari kulit babi dan tulang sapi, hal ini menjadi masalah bagi umat muslim dan perlu dikembangkan alternatif material non-gelatin. Mesin enkapsulasi yang tersedia di pasaran saat ini menggunakan mekanisme *rotary die* dengan kapasitas yang besar dan dirancang untuk bahan gelatin sebagai cangkang. Untuk membantu pengembangan material non-gelatin maka diperlukan mesin enkapsulasi skala laboratorium yang dapat digunakan untuk penelitian terkait proses enkapsulasi bahan non-gelatin. Melalui penelitian ini dilakukan perancangan alat pembuat lembaran pada mesin enkapsulasi material non-gelatin dengan tujuan mampu membuat lembaran non-gelatin untuk kebutuhan pengembangan produk kesehatan kapsul lunak. Alat dirancang menggunakan metode perancangan Pahl & Beitz yang disesuaikan dengan kebutuhan perancangan sehingga diperoleh alat dengan daya minimal pembentukan lembaran adalah 0,12 watt, daya pemanasan minimal adalah 72 watt dan kebutuhan udara yang diperlukan sebesar $1,31 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Pada alat pembuat lembaran terdapat 3 sub-fungsi yang bekerja untuk memenuhi fungsi utamanya yaitu mencetak lembaran, ketiga sub-fungsi tersebut yaitu memanaskan bahan baku dengan tambahan sensor agar pemanasan optimal, membentuk lembaran dengan *scraper* dibuat satu ketebalan dan melumasi lembaran. Alat pembuat lembaran dengan dimensi 305 mm x 224,64 mm x 187,85 mm seharga Rp9,517,960.73 diharapkan dapat membantu penelitian terkait pengembangan material non-gelatin.

Kata Kunci

Mesin enkapsulasi, alat pembuat lembaran, kapsul lunak, non-gelatin

1. PENDAHULUAN

Selama masa pandemi Covid-19 di Indonesia saat ini penggunaan suplemen dan multivitamin meningkat sangat pesat terutama suplemen dan multivitamin yang berbentuk *softgel*. Peningkatan konsumsi kapsul lunak di Indonesia tentunya mempengaruhi pada permintaan kapsul lunak yang mencapai 3 milyar kapsul pertahunnya [1]. Kapsul lunak yang digunakan biasanya terbuat dari gelatin hewani yaitu kulit babi dan tulang sapi, sehingga hal ini menjadi masalah untuk di negara dengan mayoritas penduduk muslim terkait kehalalan dan tidak cocok untuk golongan vegetarian. Untuk mengatasi masalah tersebut sejatinya kapsul lunak bisa dibuat menggunakan bahan non-hewani yang terbuat dari tumbuhan [2]. Untuk mendukung hal tersebut maka diperlukan mesin yang

mampu memproduksi kapsul lunak non-gelatin untuk keperluan pengembangan.

Mesin pembuat kapsul lunak yaitu mesin enkapsulasi yang proses enkapsulasi yang dilakukan dengan cara mengisi cairan semi padat, cair atau suspensi ke dalam kapsul lunak. Pada mesin enkapsulasi ada 3 mekanisme utama yang beroperasi yaitu mekanisme pembuatan lembaran, mekanisme pencetakan serta mekanisme pengisian cairan kapsul lunak. Pada Gambar 1 menunjukkan mesin enkapsulasi yang umum digunakan di pasaran adalah mesin enkapsulasi mekanisme *rotary die* untuk gelatin dengan skala besar [3]. Sehingga jika digunakan untuk pengembangan produk kapsul tentu akan

membutuhkan bahan yang banyak, waktu yang lebih lama serta biaya yang lebih besar.



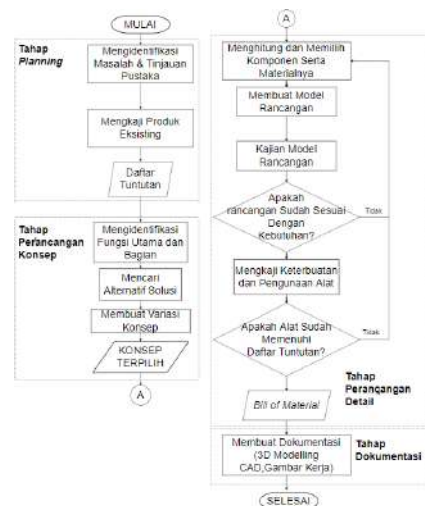
Gambar 1 Mesin Enkapsulasi Yang Saat Ini Beredar Di Pasaran

Berdasarkan hasil skirining formulasi non-gelatin pada disertasi Ni Nyoman Wiwik Sutrisni dijelaskan bahwa material non-gelatin memiliki titik leleh diatas suhu 80°C, tentu komposisi yang digunakan Ni Nyoman Wiwik pada pembuatan material non-gelatin pun berbeda seperti yang terlihat pada tabel 1 [4].

Tabel 1 Formulasi Non-Gelatin

Bahan	Formula
k-Carrageenan	4%
Konjac Glucomannan	1%
Nipagin	0,18%
Asam Sorbat	0,10%
Natrium Karbonat	0,002%
Glycerin	12%
Sorbitol cair 70%	7,5%
Aqua	Ad 100%

Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan tersebut maka diperlukan perancangan alat pembuatan lembaran pada mesin enkapsulasi skala laboratorium dengan mekanisme yang lebih efektif dan efisien agar proses pembentukan lembaran dapat dilakukan.



Gambar 2 Diagram Alir Perancangan

2. METODOLOGI

Dalam merancang alat pembuat lembaran non-gelatin pada mesin enkapsulasi hingga diperoleh dokumen perancangannya maka diperlukan metode perancangan untuk memandu proses penyelesaian agar lebih terarah. Metode perancangan yang digunakan merupakan metode perancangan VDI 2222 atau dikenal juga dengan metode perancangan Pahl dan Beitz seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 [5].

Secara rinci metode perancangan pada Gambar 2 dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Tahap merencana sebagai tahap awal dilakukan untuk memvalidasi masalah dan mendapatkan daftar tuntutan perancangan.
2. Pada tahap merancang konsep, daftar tuntutan perancangan yang telah diperoleh selanjutnya diterjemahkan menjadi konsep rancangan yang tersusun dari berbagai prinsip kerja eksisting hingga membentuk sebuah mekanisme kerja alat.
3. Konsep rancangan alat selanjutnya dilakukan pendetailan pada tahap merancang detail melalui perhitungan dan pemodelan yang dilakukan secara iterasi hingga hasilnya sesuai dengan daftar tuntutan perancangan. Keluaran yang diperoleh dari tahap merancang detail

merupakan spesifikasi alat sebagai gambaran produk akhir.

4. Pada tahap akhir dokumentasi, dokumen perancangan seperti gambar kerja yang berisi gambar susunan-susunan komponen penyusun alat pembuat lembaran gelatin dan non-gelatin.

Dalam proses perancangan ini dilakukan beberapa perhitungan untuk memperoleh spesifikasi minimum komponen penyusun alat pembuat lembaran pada mesin enkapsulasi skala laboratorium, terutama pada komponen pada cooling drum dan elemen pemanas untuk mengetahui daya minimum yang dibutuhkan.

3. PERANCANGAN ALAT

Berikut beberapa proses beserta hasil yang diperoleh dari pelaksanaan metode perancangan yang telah dibahas sebelumnya.

3.1 Daftar Tuntutan Perancangan

Observasi terhadap alat pembuat lembaran pada mesin enkapsulasi melalui media jejaring internet diperoleh data bahwa saat ini alat yang tersedia dalam skala industri dan dikhususkan untuk material gelatin.

Observasi yang telah dilakukan menghasilkan daftar tuntutan perancangan yang dijadikan sebagai acuan untuk merancangan alat pembuat lembaran pada mesin enkapsulasi skala laboratorium. Berikut rincian daftar tuntutan yang diperoleh dari tahap perencanaan.

1. Membuat alat pembuat lembaran skala laboratorium
2. Mampu mencetak lembaran non-gelatin
3. Mampu melakukan pencetakan ketebalan yang sesuai
4. Mampu mengatur suhu agar optimal
5. Luaran yang dihasilkan merupakan lembaran-gelatin

3.2 Karakterisasi Pendinginan Non-Gelatin

Untuk mengetahui waktu pendinginan non-gelatin dapat dilakukan dengan cara menuangkan non-gelatin yang sudah dicairkan ke wadah rata untuk membentuk lembaran

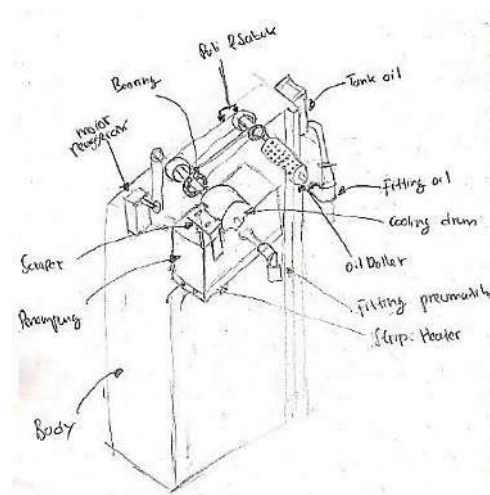
kemudian dihitung waktu yang dibutuhkan non-gelatin agar menjadi dingin. Pengujian pendinginan non-gelatin dapat dilihat pada Gambar 3 dan membutuhkan waktu 2 detik.



Gambar 3 Pengujian Waktu Pendinginan Non-Gelatin

3.3 Konsep Rancangan Alat

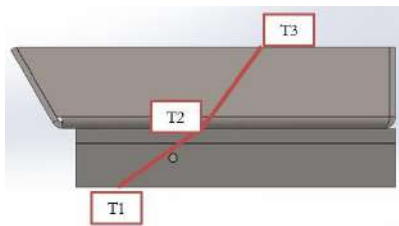
Konsep rancangan alat diawali dengan mengidentifikasi sub-fungsi yang dibutuhkan agar daftar tuntutan perancangan terpenuhi. Sub-fungsi tersebut di antaranya yaitu mencairkan bahan baku, membentuk lembaran, dan melumasi lembaran. Ketiga sub-fungsi tersebut selanjutnya dicarikan prinsip kerja eksisting dan dikombinasikan hingga membentuk sebuah mekanisme kerja alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Konsep rancangan alat dibuat dengan mengintegrasikan penampung material dengan pembentuk lembaran menggunakan mekanisme drum tenggelam dengan scraper 1 ketebalan sehingga tidak diperlukan lagi penyetelan ketebalan secara manual.



Gambar 4 Konsep Rancangan Alat

3.4 Perhitungan Daya Elemen Pemanas

Proyeksi perpindahan kalor konduksi yang terjadi pada dudukan *heater* dan penampung material ditunjukkan pada Gambar 5. Diketahui dudukan *heater* berbahan aluminium dengan konduktivitas termal sebesar 121 W/m.K dan penampung material berbahan SS316 dengan konduktivitas termal 16,2 W/m.K dipanaskan menggunakan *plat heater* yang dipanaskan hingga 100°C. Adapun pemanasan lain adalah perpindahan panas konveksi untuk material non gelatin dengan asumsi koefisien perpindahan panas konveksi 500 W/m².K [6].



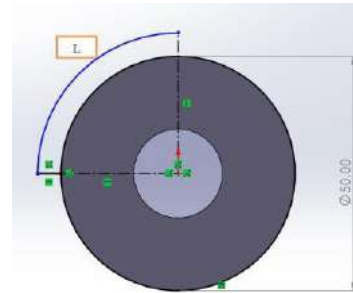
Gambar 5 Proyeksi Perpindahan Kalor

Perhitungan perpindahan kalor konduksi dari *plate heater* ke dudukan *heater* dan penampung material sebesar 12 watt. Sedangkan dengan perpindahan kalor konveksi material non gelatin sebesar 65 watt. Dari kedua perhitungan kalor tersebut, jumlah daya minimum yang dibutuhkan *plate heater* untuk melelehkan material non-gelatin pada temperatur *plate heater* 100°C adalah 72 watt.

3.5 Perancangan Cooling Drum

Elemen pendinginan pada mesin enkapsulasi yang dirancang menggunakan udara yang bersumber dari kompresor. Untuk mengetahui kebutuhan udara pendinginan pada rancangan mesin diperlukan terlebih dahulu menghitung kecepatan udara pada lubang yang akan dilalui oleh udara.

Penggunaan *heatsink* berfungsi untuk memperluas perpindahan panas yang terjadi pada *cooling drum* berdiameter 50mm seperti pada Gambar 6, kecepatan udara yang dihitung merupakan kecepatan udara yang mengalir pada lubang yang tersedia pada *heatsink*. Diketahui lubang pada *heatsink* berdiameter 0,005 m dan panjang lubang pada *heatsink* sebesar 0,03 m sehingga dapat diketahui kecepatan udara yang mengalir pada lubang *heatsink* adalah 0,28 m/s. Dari hal tersebut dapat diketahui kebutuhan udara untuk mendinginkan *cooling drum* sebesar 1,31x10⁻⁴ m³/s.



Gambar 6 Cooling Drum

3.6 Pemilihan Motor Penggerak

Daya minimum untuk memutar *cooling drum* dapat diketahui dengan mengalikan torsi yang dibutuhkan dengan putaran (rpm) yang direncanakan dengan menggunakan Persamaan 1. Persamaan-persamaan tersebut mengacu pada buku *Dasar Pemilihan dan Perencanaan Mesin* yang berisi panduan-panduan untuk melakukan perencanaan mesin agar menghasilkan kerja yang akurat [7].

$$P = T \times \omega \quad (1)$$

Pada persamaan 1, P adalah daya (watt) dan ω adalah putaran yang direncanakan (rad/s)

Untuk mengetahui gaya yang diperlukan untuk mencetak lembaran maka dilakukan pengujian untuk mendapatkan data eksperimental. Pengujian yang dilakukan adalah memutar *cooling drum* secara manual yang diikatkan pada timbangan gantung sehingga akan diketahui gaya yang diperlukan untuk membentuk lembaran dengan gelatin sebagai beban. Gaya yang dibutuhkan adalah 1,06 kg.

Menggunakan persamaan 1 selanjutnya dapat dihitung daya minimum yang dibutuhkan untuk memutar *cooling drum* dengan asumsi putaran yang direncanakan adalah 0,26 rad/s dan torsi yang dibutuhkan untuk memutar *cooling drum* adalah 0,45 Nm. Perhitungan tersebut menghasilkan daya minimum yang dibutuhkan motor penggerak untuk memutar *cooling drum* adalah 0,12 watt.

Dari perhitungan yang dihasilkan maka motor yang sesuai sebagai penggerak pada alat ini adalah motor dc dengan minimal output dayanya sebesar 0,12 watt.

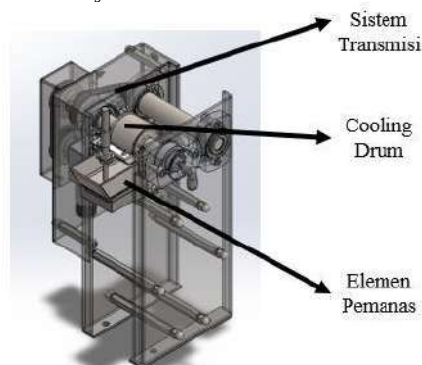
3.7 Perencanaan Sistem Transmisi

Transmisi yang digunakan adalah transmisi sabuk gilir yang berfungsi untuk meneruskan putaran motor yang digunakan ke putaran poros pembentuk lembaran. Selain itu sabuk gilir juga digunakan untuk meneruskan putaran dari poros pembentuk lembaran ke poros *oil roller*. Perencanaan transmisi sabuk gilir menghasilkan ukuran sabuk yang digunakan untuk meneruskan putaran motor ke poros pembentuk lembaran adalah tipe GT3 dengan panjang 110 mm dan puli yang digunakan adalah puli dengan jumlah gigi 60 dan 30.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi dan Pemodelan Alat

Hasil-hasil perhitungan yang diperoleh dijadikan sebagai acuan untuk memilih komponen penyusun alat. Tiap komponen dibuatkan model 3D-nya menggunakan *software Solidworks* agar spesifikasi alat lebih tergambar dengan jelas. Gambar 7 menunjukkan model 3D alat secara keseluruhan yang dilengkapi dengan spesifikasinya.



Gambar 7 Model 3D Alat Pembuat Lembaran Pada Mesin Enkapsulasi Skala Laboratorium

Kapasitas	: ± 2000 kapsul/jam
Dimensi	: 305 mm x 224,64 mm x 187,85 mm
Berat	: ± 7 kg
Kapasitas Penampung	: ± 150 ml
Penggerak	: Motor listrik
Transmisi	: Puli dan Sabuk
Pemanas	: Plate Heater

Dari hasil rancangan 3D yang sudah dilakukan, alat mampu memproduksi lembaran non gelatin secara kontinyu dengan kapasitas penampung ± 150 ml. Saat ini belum ada alat sejenis yang tersedia di pasaran.

4.2 Prinsip Kerja Alat

Alat hasil rancangan bekerja dengan meneruskan putaran motor sebesar 2,5 rpm ke poros *cooling drum* menggunakan puli dan sabuk. Puli dan sabuk dipilih sebagai sistem transmisi karena kinerjanya yang baik (anti slip), mudah ditemukan dipasaran dan meminimalisir kebisingan alat. Pada pengaturan ketebalan lembaran dilakukan dengan *scraper* yang dikhususkan untuk satu ketebalan sehingga tidak diperlukan *setting* secara manual yang memungkinkan ukuran tidak konsisten. Untuk mengoptimalkan proses pemanasan ditambahkan sensor temperatur agar suhu dapat diketahui dan diatur sesuai dengan spesifikasi dari material non-gelatin.

Pada alat terdapat penampung material dibagian bawah dengan *cooling drum* tenggelam hal ini dinilai lebih efektif agar material dapat terus diisi secara manual dan pembentukan lembaran pada dilakukan secara kontinyu.

4.3 Estimasi Biaya Produksi Alat

Dalam melakukan realisasi rancangan alat yang sudah dibuat, maka perlu diperhitungkan biaya produksi alat. Estimasi biaya diperlukan untuk meminimalisir biaya produksi alat yang terlalu tinggi serta untuk memperjelas anggaran yang diperlukan. Rincian biaya produksi alat dibagi pada tiga bagian, yaitu; biaya material, biaya komponen standar, dan biaya manufaktur yang selanjutnya ditabulasikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Rincian Biaya Produksi Alat

Jenis Pengeluaran		Harga (Rp)
Biaya Material	3	Rp1,052,210.7
Biaya Komponen Standar	0	Rp3,988,294.0
Biaya Manufaktur	0	Rp4,477,456.0
TOTA		Rp9,517,960.
L	73	

4.4 Usulan Penelitian Selanjutnya

Hasil rancangan alat yang sudah dilakukan selanjutnya perlu dibuat prototipe untuk mengetahui keefektifan dari alat mengingat alat yang dirancang merupakan alat yang saat ini belum ada dipasaran. Pada alat ini proses isi ulang material kedalam penampung

masih dilakukan secara manual. Untuk mempermudah pengoprasian alat kedepannya perlu dibuat reaktor sebagai penyimpanan material sebelum masuk ke alat pembuat lembaran yang dapat dioperasikan secara otomatis. Reaktor yang digunakan juga baiknya menggunakan vakum sebagai alat bantu untuk mengurangi gelembung yang mungkin terbentuk pada formulasi non-gelatin.

5. KESIMPULAN

Alat pembuat lembaran pada mesin enkapsulasi skala laboratorium dengan ukuran 305 mm x 224,64 mm x 187,85 mm direncanakan dapat digunakan untuk kebutuhan pencetakan kapsul yang dapat digunakan untuk material non-gelatin untuk kebutuhan pengujian. Daya minimal motor yang dibutuhkan adalah 0,12 watt, dan daya pemanasan minimal yang dibutuhkan adalah 72 watt. Disamping digunakan untuk kebutuhan pengujian diharapkan alat tersebut juga mampu digunakan oleh UMKM untuk membuat obat kapsul tradisional industri rumahan sebagai nilai tambah dari alat dengan dimensi yang kecil tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Program Riset Keilmuan Terapan Dalam Negeri Bagi Dosen Perguruan Tinggi Vokasi Tahun Anggaran 2021 dengan No. Kontrak 0766/D6/KU.04.00/2021. Terima kasih atas dukungan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1 Fortune Business Insight, "Softgel Capsules
] Market Size, Share & COVID-19 Impact
Analysis," 2020. [Online]. Available:
<https://www.fortunebusinessinsights.com/softgel-capsules-market-103353>. [Accessed 20 Januari 2022].
- [2 Badan Riset dan Inovasi Nasional,
] "Kebutuhan Suplemen Kapsul Meningkatkan,
BRIN Kembangkan Riset Kapsul Lunak
Rumput Laut," 25 Januari 2022. [Online].
Available: <https://brin.go.id/kebutuhan-suplemen-kapsul-meningkat-brin-kembangkan-ri-set-kapsul-lunak-rumput-laut/>. [Accessed 26 Januari 2022].
- [3 Trustar, "Mesin Softgel Enkapsulasi: Panduan
] Pembelian Utama," 19 Juni 2019. [Online].
Available:
<http://m.id.cofpack.com/info/softgel-encapsulation-machine-the-ultimate-bu-36904877.html>. [Accessed 26 Januari 2022].
- [4 N. N. W. Sutrisnis, "Pengembangan Formula
] dan Mesin Enkapsulasi Kapsul Lunak Non-
Gelatin untuk Pengantaran Sediaan Herbal
Ekstrak Jahe Merah," Institut Teknologi
Bandung, Bandung, 2019.
- [5 G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen and K. H.
] Grote, Engineering Design: A Systematic
Approach, Darmstadt: Springer, 2004.
- [6 F. P. Incropera, D. P. Dewitt, T. L. Bergman
] and A. S. Lavine, Fundamentals of Heat and
Mass Transfer, Hoboken: John Wiley & Sons,
2006.
- [7 Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemilihan
] Elemen Mesin, Jakarta: PT. Pradnya
Paramita, 2002.