



## Pembuatan Konsep Alat Preparasi Material Cangkang Kapsul Lunak Menggunakan Metode Pahl Dan Beitz

Budi Triyono<sup>1</sup>, Riovano Putranto<sup>2</sup>, Devi Eka Septiyani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Negeri Bandung, Bandung

Email: budit0904@polban.ac.id

Received : 25 April 2024; Received in revised form : 20 Juni 2024; Accepted : 27 Juni 2024

### Abstract

*Softgel capsule is a capsule with soft shell texture and is used for fluid or semi-solid medicine substance. Research about softgel capsule in Politeknik Negeri Bandung uses a preparation device to mix the soft capsule shell ingredients. In its operation, this machine has several problems: ineffective method of loading and unloading of materials, unsuitable power for the mixing motor and heating element, and the control system still needs to be improved. Based on these problems, it is necessary to reverse engineer the preparation device to get better design results so that the device can be operated more effectively. This study consists of three stages: planning, concept generation, and concept evaluation. At the planning stage, data is collected and compiled using the Quality Function Deployment (QFD) method to support the creation of requirement lists. In concept generation stage a design concept was created using the Pahl & Beitz method which was then evaluated using the Pugh weighting method until the final concept was obtained. There are three subfunctions: (1) lifting mechanism, (2) control system, and (3) unloading mechanism. The results of this study are a design concept with rack & pinion lifting mechanism, electrical control system, and sliding valve unloading mechanism.*

**Keywords:** Pahl & Beitz Method; Conceptual Design; Softgel Capsule; Reverse Engineering

### Abstrak

Kapsul lunak merupakan kapsul dengan tekstur kulit lunak dan digunakan untuk cangkang material obat cair atau semi padat. Penelitian terkait kapsul lunak di Politeknik Negeri Bandung membutuhkan alat preparasi untuk mencampurkan bahan penyusun cangkang kapsul. Dalam pengoperasiannya, alat ini memiliki beberapa kendala, diantaranya proses *loading* dan *unloading* material belum efektif, daya motor pengaduk dan daya pemanas belum sesuai, dan sistem kontrol masih perlu disempurnakan. Berdasarkan kendala-kendala tersebut, maka diperlukan rekayasa ulang untuk mendapatkan hasil rancangan yang lebih baik sehingga alat dapat dioperasikan dengan lebih efektif. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap perencanaan, tahap pembuatan alternatif konsep rancangan, dan tahap pemilihan konsep. Pada tahap perencanaan dilakukan pengumpulan data dan disusun dengan metode *Quality Function Deployment* (QFD) untuk menunjang pembuatan daftar tuntutan. Tahap pembuatan alternatif konsep rancangan dilakukan dengan Metode Pahl & Beitz yang kemudian dinilai dengan Metode Pembobotan Pugh hingga didapatkan konsep terpilih. Terdapat tiga fungsi bagian, yaitu (1) mekanisme *lifting*, (2) sistem kontrol, dan (3) mekanisme *unloading*. Hasil penelitian ini berupa konsep terpilih rancangan dengan mekanisme *lifting rack & pinion*, sistem kontrol elektronik, dan mekanisme *unloading sliding valve*.

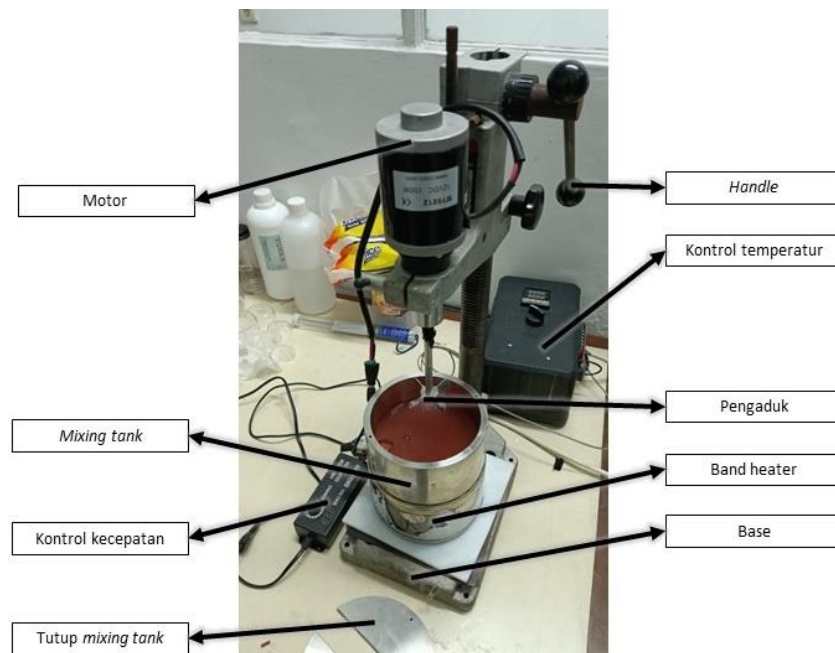
**Kata kunci:** Metode Pahl & Beitz; Perancangan Konsep; Kapsul Lunak; Rekayasa Ulang

### 1. PENDAHULUAN

Kapsul adalah sediaan padat yang terdiri dari obat dalam cangkang keras atau lunak yang dapat larut. Cangkang kapsul umumnya terbuat dari gelatin; tetapi dapat juga terbuat dari pati atau bahan lain yang sesuai [1]. Kapsul dapat memberikan kenyamanan bagi konsumen obat karena dapat menutupi rasa

tidak enak dan bau tidak sedap dari obat yang terkandung; mudah untuk disiapkan, dan bahan isi terlindung dari pengaruh luar (cahaya dan kelembapan) [2]. Kebutuhan kapsul lunak pertahunnya mencapai tiga miliar butir dengan 90% diantaranya didominasi oleh bahan gelatin hewani [3]. Gelatin hewani yang digunakan biasanya berasal dari kulit babi atau tulang sapi, sehingga menjadi masalah bagi penduduk muslim terkait kehalalan dan tidak cocok untuk golongan vegetarian [4]. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan mensubstitusi bahan gelatin menjadi non-gelatin yang berbasis sayuran seperti rumput laut [3].

Tahap awal pembuatan kapsul lunak adalah dengan membuat bahan mentah (*raw material*) dari kapsul lunak tersebut. Bahan-bahan penyusun kapsul dengan takaran yang sesuai dicampurkan menggunakan alat preparasi sehingga menghasilkan bahan mentah yang dapat digunakan untuk produksi kapsul lunak. Penelitian terkait kapsul lunak di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung menggunakan alat preparasi dalam membuat bahan kapsul lunak seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Preparasi Yang Sudah Ada

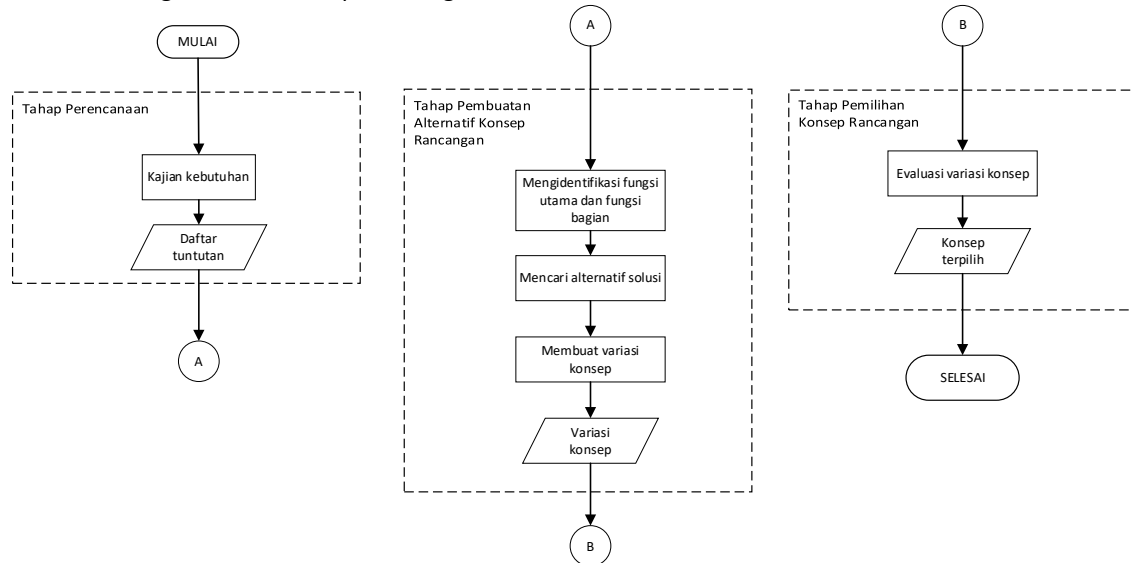
Alat preparasi kapsul lunak tersebut telah dapat digunakan, namun dalam pengoperasiannya masih memiliki beberapa kendala, yaitu proses *loading* material sulit untuk dilakukan karena ruang bukaan kecil, proses *unloading* material juga sulit untuk dilakukan karena masih menyatu dengan bukaan pada proses *loading* dan cenderung untuk bertabrakan dengan *blade* pengaduk. Selain itu, sistem kendali kecepatan diatur oleh besarnya tegangan dan masih bersifat *open loop* sehingga besar putaran (rpm) tidak dapat diketahui dan dalam pengoperasiannya harus mengatur masukan tegangan secara berkala untuk mempertahankan putaran dalam kondisi pengaduk mengalami beban. Sistem pemanas juga masih belum efisien karena membutuhkan waktu yang sangat lama untuk memanaskan material dan saat ini temperatur dari material yang sedang dipanaskan hanya dapat dilakukan oleh sensor temperatur eksternal.

Berdasarkan kondisi di atas, maka perlu dilakukan rekayasa ulang alat preparasi untuk mendapatkan hasil rancangan yang lebih baik sehingga mesin dapat dioperasikan dengan lebih praktis dan efektif. *Paper* ini bertujuan untuk menghasilkan konsep rancangan dari alat preparasi material cangkang kapsul lunak yang lebih praktis dan efisien.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam tiga tahapan utama, yaitu tahap perencanaan, tahap pembuatan alternatif konsep rancangan, dan pemilihan konsep rancangan. Diagram alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Pada tahap perencanaan, dilakukan kajian kebutuhan dengan menggunakan

metode *Quality Function Deployment* (QFD) untuk menentukan kriteria rancangan yang menjadi fokus utama dalam perancangan dan pengembangan alat [5]. Luaran dari tahap perencanaan berupa daftar tuntutan sebagai acuan dalam perancangan alat.



Gambar 2. Metodologi Penelitian

Pada tahap pembuatan alternatif konsep rancangan digunakan metode Pahl & Beitz [6]. Fokus utama dari metode ini adalah merancang konsep untuk produk konsumen fisik (*physical consumer products*) dengan pendekatan sistematis pada struktur dan solusi desain [7], [8]. Perancangan konsep dilakukan dengan pendekatan sistematis berupa *function modeling* dimana memiliki dasar yang kuat untuk memecahkan masalah dalam representasi produk, sistem, dan proses kompleks yang terkait [9]. Tahap ini diawali dengan mengidentifikasi fungsi utama dan fungsi bagian dari alat yang akan dirancang [6]. Fungsi utama ataupun fungsi bagian tersebut kemudian dicari beberapa alternatif solusi agar fungsi tersebut dapat bekerja dengan baik. Alternatif solusi dari fungsi utama dan fungsi bagian diubah menjadi suatu sistem yang memiliki *input* dan *output*, sistem tersebut disebut variasi konsep [6]. Untuk mendapatkan konsep rancangan terpilih, perlu dilakukan evaluasi terhadap variasi konsep tersebut.

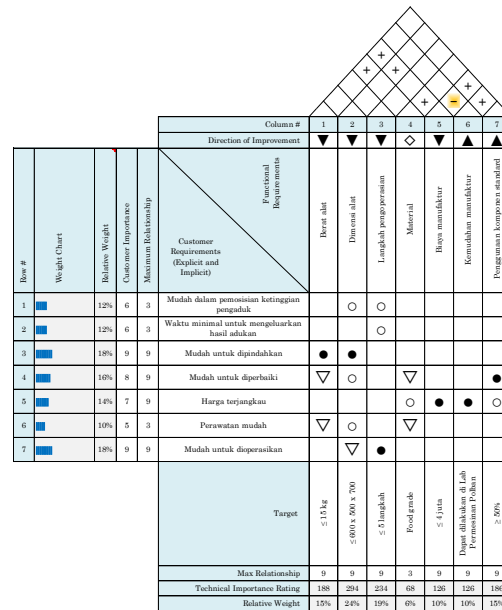
Evaluasi variasi konsep dilakukan dengan melakukan penilaian yang berdasar terhadap kriteria teknik dan ekonomi [6]. Kriteria penilaian tersebut dilakukan pembobotan menggunakan metode Pugh untuk mengetahui urutan prioritas atau derajat kepentingan kriteria [10]. Setelah urutan prioritas didapatkan, kriteria penilaian dinilai berdasarkan analisis nilai-manfaat VDI 2225 [11]. Lalu hasil penilaian tersebut dibuat dalam bentuk diagram untuk pemilihan konsep rancangan terpilih.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Tahap Perencanaan

##### a) Kajian Kebutuhan

Pada tahapan ini, kebutuhan konsumen dan kebutuhan fungsional akan dianalisis menggunakan metode *Quality Function Development* (QFD) dengan membuat *House of Quality* (HOQ) yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dari hasil analisis HOQ didapatkan hal-hal yang dapat dikembangkan pada alat yang akan dilakukan rekayasa ulang, diantaranya waktu untuk mengeluarkan massa kapsul perlu diminimalisir, alat perlu dibuat agar mudah dipindahkan, diperbaiki, dan dioperasikan; serta meminimalisir langkah pengoperasian.



Gambar 3. House of Quality (HOQ)

## b) Daftar Tuntutan

Daftar tuntutan dalam rekayasa ulang alat preparasi material cangkang kapsul lunak diantaranya adalah:

1. Kecepatan pengaduk dikendalikan berdasarkan besar putaran per menit (rpm) dengan sistem *closed loop*
2. Alat dapat dipindahkan dengan mudah
3. Sistem kendali temperatur menggunakan sensor temperatur internal
4. Material alat *food grade*
5. Banyaknya massa kapsul lunak hasil pengadukan ketika proses unloading dapat diatur sesuai kebutuhan pengguna

## 3.2. Tahap Pembuatan Alternatif Konsep Rancangan

## a) Deskripsi Fungsi Utama

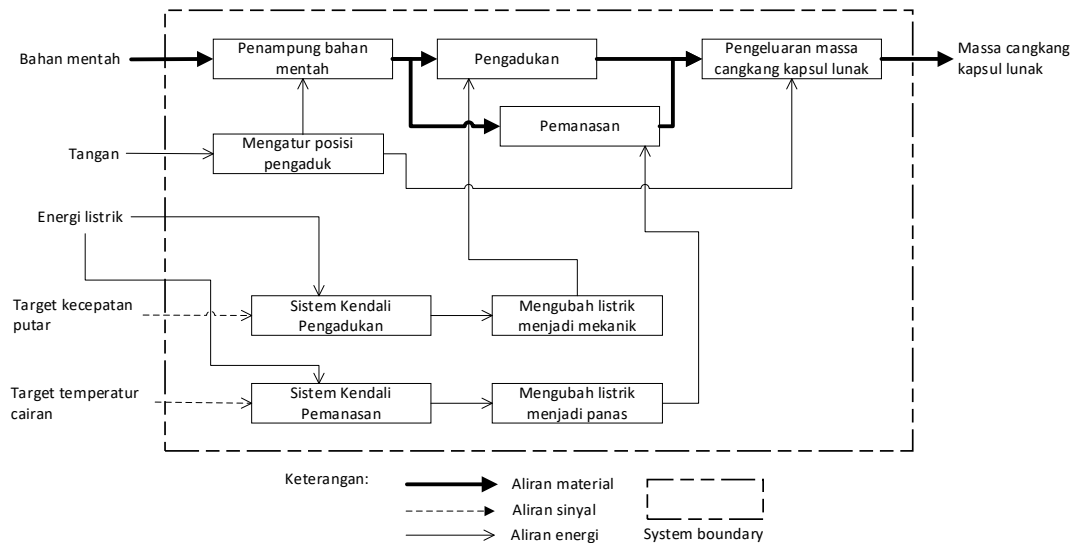
Fungsi utama alat yaitu untuk mengaduk dan memanaskan formulasi/bahan mentah cangkang kapsul lunak hingga menjadi massa cair cangkang kapsul lunak

## b) Deskripsi Subfungsi

Subfungsi merupakan fungsi pada tiap komponen alat preparasi material cangkang kapsul lunak. Penjelasan detail untuk deskripsi subfungsi disajikan pada Tabel 1. Proses dari subfungsi digambarkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 4.

Tabel 1. Deskripsi Subfungsi

Subfungsi	Penjelasan
Penampung bahan mentah	Untuk menampung bahan mentah dan sebagai tempat proses pengadukan dan pemanasan terjadi
Mengatur posisi pengaduk	Untuk mengatur ketinggian pengaduk
Pengadukan	Untuk mengaduk bahan mentah cangkang kapsul lunak
Pemanasan	Untuk memanaskan bahan mentah cangkang kapsul lunak
Pengeluaran	Untuk mengeluarkan massa cangkang kapsul lunak yang sudah diaduk secara merata
Sistem kendali pengadukan	Untuk mengendalikan kecepatan pengadukan
Sistem kendali pemanasan	Untuk mengendalikan temperatur dan kecepatan pemanasan



Gambar 4. Diagram Subfungsi

## c) Morfologi dan Variasi Konsep






Dalam perancangan konsep, dibuat sebuah tabel morfologi yang di dalamnya berisi ide terkait alternatif solusi dari subfungsi alat yang dirancang. Subfungsi yang dibuat alternatif solusi diantaranya adalah pengatur posisi pengaduk, kendali kecepatan pengadukan, dan pengeluaran produk. Subfungsi yang lain tidak dimasukkan ke dalam tabel morfologi karena beberapa alasan, seperti alternatif solusinya memiliki banyak kemiripan ataupun memiliki kegunaan yang sangat spesifik. Tabel morfologi yang telah dibuat kemudian akan dievaluasi untuk mengeliminasi alternatif solusi yang tidak sesuai dengan daftar tuntutan ataupun memiliki kekurangan yang relatif lebih banyak dibandingkan alternatif solusi lainnya. Evaluasi alternatif solusi ditunjukkan pada Tabel 2. Pada kolom keputusan terdapat pilihan (+) yang berarti alternatif solusi dapat digunakan, sementara pilihan (-) berarti alternatif solusi tersebut dieliminasi karena tidak sesuai kebutuhan.

Tabel 2. Evaluasi Alternatif Solusi

Subfungsi	Alternatif Solusi	Evaluasi	Keputusan
<b>A</b> Pengatur posisi pengaduk	Ulir	Kokoh, namun komponen <i>support</i> mahal	+
	<i>Mechanical Link</i>	Konstruksi cukup rumit dan memakan ruang	-
	<i>Rack dan pinion</i>	Mudah dioperasikan dan komponen mudah didapat	+
	Pneumatik	Mudah dioperasikan, namun komponen <i>support</i> mahal	-
<b>B</b> Kontrol kecepatan pengadukan	Kontrol elektronik	Komponen mudah didapatkan	+
	Kontrol mekanik	Konstruksi rumit dan waktu produksi lama	-
<b>C</b> Pengeluaran produk	Manual	Sederhana namun pengoperasiannya sulit	-
	<i>Valve</i>	Untuk mengambil produk hanya perlu mengoperasikan katup/ <i>valve</i>	+
	Memiringkan <i>mixing tank</i>	Mudah untuk dioperasikan, namun membutuhkan ruang yang cukup besar	+

Setelah alternatif solusi dievaluasi untuk menyeleksi alternatif solusi, didapatkan tabel morfologi setelah seleksi. Tabel morfologi setelah seleksi yang ditunjukkan pada Tabel 3 menjadi acuan dalam pembuatan variasi konsep. Didapatkan empat variasi konsep dengan detail yang disebutkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Pemilihan Variasi Konsep

Solusi	1	2	3	4
Subfungsi				
A Pengatur posisi pengaduk	Ulir 	Rack & Pinion 		
B Kontrol kecepatan pengadukan	Elektronik 			
C Pengeluaran produk	Valve 	Memiringkan 		

■ Variasi Konsep 1    ● Variasi Konsep 3  
▲ Variasi Konsep 2    ◆ Variasi Konsep 4

Tabel 4. Detail Variasi Konsep

Variasi Konsep	Penjelasan
Variasi konsep 1	Ulir digunakan sebagai sistem <i>travel</i> atau naik-turun pengaduk. Ulir yang digunakan terhubung dengan motor dengan kecepatan konstan yang dioperasikan dengan tombol. Dudukan motor pengaduk ditopang oleh ulir pada bagian tengah serta oleh dua tiang/ <i>guide</i> yang terhubung dengan <i>linear bearing</i> . Kecepatan pengadukan dikendalikan oleh sistem elektronik. Sistem pengeluaran massa kapsul menggunakan <i>valve</i> .
Variasi konsep 2	Sistem <i>travel</i> dan sistem kendali seperti variasi konsep 1, namun sistem pengeluaran massa kapsul dengan memiringkan <i>mixing tank</i> menggunakan tuas
Variasi konsep 3	Mekanisme <i>rack &amp; pinion</i> sebagai sistem <i>travel</i> pengaduk. Pinion terhubung dengan poros yang memiliki tuas yang dapat diputar untuk mengatur ketinggian pengaduk. Dudukan motor pengaduk ditopang oleh plat yang terhubung dengan <i>head block</i> . Kecepatan pengadukan dikendalikan sistem elektronik. Sistem pengeluaran menggunakan <i>valve</i> .
Variasi konsep 4	Sistem <i>travel</i> dan sistem kendali seperti variasi konsep 3, namun sitem pengeluaran massa kapsul dengan memiringkan <i>mixing tank</i> menggunakan tuas

### 3.3. Penilaian Variasi Konsep

Setelah variasi konsep dihasilkan, selanjutnya adalah melakukan penilaian terhadap variasi konsep untuk mendapatkan konsep rancangan terpilih. Penilaian dilakukan berdasarkan dua kategori, yaitu kriteria teknik dan kriteria ekonomi. Kriteria tersebut kemudian dilakukan pembobotan untuk menentukan skala prioritasnya, lalu dilakukan penilaian berdasarkan pedoman VDI 2225. Penilaian dilakukan dengan metode survey dengan enam responden, diantaranya empat *mechanical design engineer* dan dua operator alat. Nilai hasil survey kemudian dirata-ratakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

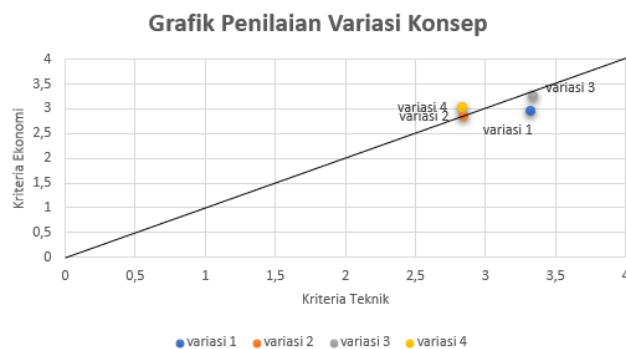
Hasil penilaian kemudian diubah menjadi bentuk grafik penilaian variasi konsep pada Gambar 5. Grafik tersebut bertujuan untuk mendapatkan konsep terpilih dengan kualifikasi memiliki nilai yang mendekati garis ideal dengan nilai kriteria teknik dan kriteria ekonomi terbesar. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa variasi konsep 3 merupakan konsep rancangan terpilih. Bentuk dari konsep rancangan terpilih dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 5. Penilaian Variasi Konsep

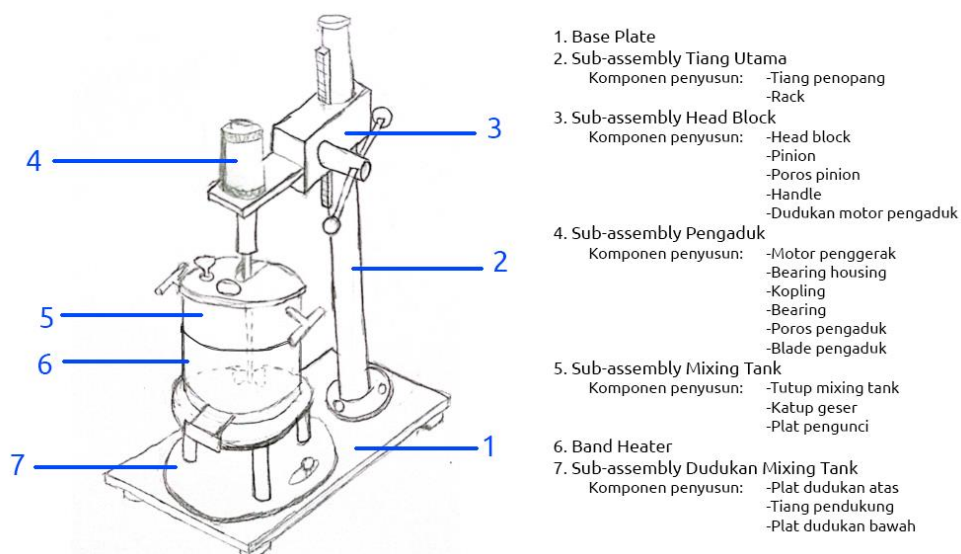
Kriteria teknik	Bobot (W)	Valuasi (X)				Nilai ideal
		Variasi konsep 1	Variasi konsep 2	Variasi konsep 3	Variasi konsep 4	
Kemudahan pengoperasian	0,2667	3,67	2,67	3,167	2,5	1,07
Kemudahan perawatan	0,2667	3	3,33	3,5	3,5	1,07
Kemudahan perbaikan	0,0667	3,167	3	3	3,33	0,27
Dimensi	0,20	3,167	2,5	3,5	2,33	0,8
Berat	0,1334	3,5	2,5	3,5	2,5	0,53
Kemudahan manufaktur	0,0667	3,5	3,167	3	3,167	0,27
<b>Total (W*X)</b>		<b>3,32</b>	<b>2,84</b>	<b>3,34</b>	<b>2,83</b>	<b>4</b>

Kriteria ekonomi	Bobot (W)	Valuasi (X)				Nilai ideal
		Variasi konsep 1	Variasi konsep 2	Variasi konsep 3	Variasi konsep 4	
Penggunaan komponen standar	0,5	3	2	3	3	2
Umur alat	0,167	2	3	4	3	0,67
Biaya manufaktur	0,167	3,5	3,167	33	3,167	0,67
Waktu pengerjaan	0,167	3,167	3,167	3,5	3	0,67
<b>Total (W*X)</b>		<b>2,95</b>	<b>2,56</b>	<b>3,25</b>	<b>3,03</b>	<b>4</b>



Gambar 5. Grafik Penilaian Variasi Konsep



Gambar 6. Konsep Rancangan Terpilih

Komponen penyusun rancangan alat yang ditunjukkan pada Gambar 6 memiliki beberapa komponen yang bersifat kritis. Komponen kritis tersebut diantaranya adalah poros pengaduk, *bearing*, motor pengaduk, *band heater*, poros *pinion*, *handle*, serta *rack & pinion*. Untuk memastikan komponen tersebut dapat berfungsi dengan baik maka perlu diperhitungkan spesifikasinya dengan mempertimbangkan skenario terburuk (*worst case scenario*) ketika komponen beroperasi. Kegiatan tersebut dilakukan pada tahap selanjutnya, yaitu tahap perancangan detail yang tidak dibahas pada *paper* ini.

#### 4. SIMPULAN

Dari perancangan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa konsep rancangan terpilih merupakan konsep dengan sistem pengatur ketinggian pengaduk berupa *rack & pinion*. Sistem kendali pengaduk yang digunakan berupa elektronik yang bersifat *closed loop* untuk mengatasi permasalahan pada alat sebelumnya. Sistem pengeluaran produk menggunakan *sliding valve* atau katup geser agar pengeluaran produk dapat dilakukan dengan cepat dan tepat. Pengembangan lain yang dilakukan adalah dengan mengembangkan sistem kendali pemanas untuk mempersingkat waktu pemanasan dan meningkatkan akurasi pembacaan temperatur di dalam *mixing tank*. Kelebihan rancangan dibandingkan alat eksisting adalah pengeluaran produk lebih praktis, pemanasan lebih cepat, kendali pengadukan lebih mudah, mobilitas alat lebih baik, dan pengaturan posisi pengadukan lebih mudah.

Penerapan Metode QFD pada tahap kajian kebutuhan serta Metode Pahl & Beitz pada pembuatan alternatif konsep alat preparasi material cangkang kapsul lunak menghasilkan konsep yang sesuai dengan kebutuhan. Namun, keputusan yang diambil dari metode tersebut cenderung bersifat subjektif dan dapat berubah sesuai dengan pandangan serta pengalaman desainer alat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan RI, Farmakope Indonesia Edisi VI, Jakarta: Kementerian Kesehatan RI, 2020.
- [2] T. Dewi and S. Farida, "Formulasi Kapsul Ekstrak Ramuan Jamu Sainifik Diabetes Melitus," *Prosiding Seminar Nasional Biologi IX*, vol. 9, pp. 336-339, 2021.
- [3] BRIN, "Kebutuhan Suplemen Kapsul Meningkatkan, BRIN Kembangkan Riset Kapsul Lunak Rumput Laut," 25 January 2022. [Online]. Available: <https://brin.go.id/news/98717/kebutuhan-suplemen-kapsul-meningkat-brin-kembangkan-ri-set-kapsul-lunak-rumput-laut>. [Accessed 21 December 2022].
- [4] B. Triyono and G. G. Syachkuala, "Perancangan Alat Pembuat Lembaran Material Non-Gelatin," *Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 13, no. 1, 2022.
- [5] A. Ramadani and dkk, "Perancangan Desain Produk Alat Pemas Tebu Elektrik dengan Menggunakan Metode Quality Deployment (QFD)," *Talenta Conference Series: Energy & Engineering (EE)*, vol. 2, no. 3, pp. 317-324, 2022.
- [6] G. Pahl and W. Beitz, *Engineering Design: A Systematic Approach*, London: Springer, 1996.
- [7] L. Fiorineschi, N. Becattini, B. Y. and F. Rotini, "Testing a New Structured Tool for Supporting Requirements' Formulation and Decomposition," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 9, pp. 1-22, 2020.
- [8] Z. Nasution, D. Sari, R. Nabawi and Rifelino, "Metode Perancangan Produk Dalam Teknik Mesin," *Vokasi Mekanika*, vol. 4, no. 3, pp. 20-29, 2022.
- [9] O. Mohammed and A. Shammari, "Function Modeling in Engineering Design: Approaches and Methods," *Technium*, vol. 2, no. 7, pp. 222-239, 2020.
- [10] D. Ullman, *The Mechanical Design Process*, 4th ed., New York: McGraw-Hill, 2010.
- [11] M. Schmit, M. Michatz, A. Frey, M. Lutter-Guenther, G. Schlick and G. Reinhart, "Methodical Software-Supported, Multi-Target Optimization and Redesign of a Gear Wheel for Additive Manufacturing," *Procedia CIRP*, vol. 88, pp. 417-422, 2020.