

Wave Tank Skala Laboratorium dengan Pembuat Gelombang Model Flap

Deny Murdianto^{1*}, Ahmad Nur Fadilah², Hadi Santoso³, Marhadi Budi Waluyo⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No.1 Kota Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

*Corresponding author. denymurdianto@gmail.com

Abstract

One of the first steps in order to utilize ocean waves as electrical energy is to create a medium that can be a means of observing wave characteristics. In this research, a laboratory-scale flap model wave tank was designed. Wave tanks can minimize the use of time and cost in the development of technology that uses ocean waves as a source of energy. The purpose of this research is to design a wave tank with a flap model wave maker, and determine the length and height of the waves produced. This laboratory scale flap model wave tank has a size of 150 cm x 35 cm x 35 cm and uses an electric motor with a power of 200 Watts. The wave tank can work with 22 Watts of electric power and an electric motor rotation of 120 rpm. The maximum height of the waves generated from the laboratory-scale flap model wave tank is 4 cm, while the maximum measured wavelength is 36 cm with a volume of 15% water from the full capacity of the tank.

Keywords: flap, wave, laboratory, wave tank.

Abstrak

Salah satu langkah awal agar dapat memanfaatkan gelombang laut sebagai energi listrik adalah dengan membuat media yang dapat menjadi sarana untuk mengamati karakteristik gelombang. Pada penelitian ini dibuat *wave tank* model flap skala laboratorium. *Wave tank* dapat meminimalisir penggunaan waktu dan biaya dalam pengembangan teknologi yang menggunakan gelombang laut sebagai sumber energinya. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat *wave tank* dengan pembuat gelombang model flap, serta mengetahui panjang dan tinggi gelombang yang dihasilkan. *Wave tank* model flap skala laboratorium ini memiliki ukuran 150 cm x 35 cm x 35 cm dan menggunakan motor listrik dengan daya 200 Watt. *Wave tank* dapat bekerja dengan daya listrik 22 Watt dan putaran motor listrik sebesar 120 rpm. Tinggi maksimal dari gelombang yang dihasilkan dari *wave tank* model flap skala laboratorium adalah 4 cm, sedangkan panjang gelombang maksimal yang terukur adalah 36 cm dengan volume 15% air dari kapasitas penuh tangki.

Kata kunci: flap, gelombang, laboratorium, wave tank

1. Pendahuluan

Gelombang laut adalah sumber energi yang sangat besar dan potensi untuk mengekstraksi energi dari gelombang laut sangat besar [1]. Gerakan naik dan turunnya gelombang laut dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan *wave energy converter* (WEC). Konsep awal untuk mengubah energi gelombang laut menjadi energi mekanik atau listrik telah dimulai sejak awal abad ke-20. Teknologi WEC semakin berkembang seiring kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Penelitian terbaru tentang WEC misalnya yang menggunakan WEC bentuk cekung menghasilkan respons dinamis yang lebih baik dari konsep gabungan dan produksi

daya yang lebih besar [2]. Untuk struktur gabungan tertentu, arah gelombang memiliki pengaruh yang besar terhadap respons dinamisnya. Di Indonesia pun penelitian terkait WEC sudah dilakukan, salah satu jenis WEC yang banyak digunakan diantaranya yaitu *Oscillating Water Column* (OWC). Prinsip kerja sistem WEC ini ialah mengubah pergerakan naik turunnya gelombang pada silinder kolom udara untuk menghasilkan udara bertekanan yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan turbin dan generator listrik [3] [4] [5].

Energi laut dan samudra adalah bagian dari energi terbarukan yang menggunakan WEC untuk mengekstraknya dan kinerjanya dipelajari dan dievaluasi di

tangki gelombang dengan menerapkan kondisi gelombang laut [6]. *Wave tank* adalah pengaturan laboratorium untuk mengamati perilaku gelombang. *Wave tank* berisi air dan menyisakan ruang terbuka atau berisi udara di atasnya [7]. *Wave tank* dapat meminimalisir penggunaan waktu dan biaya dalam pengembangan teknologi yang menggunakan gelombang laut sebagai sumber energinya. *Wave Flume* di Oregon State University (OSU) memiliki panjang sekitar 104 meter, lebar 3,7 meter, dan tinggi 4,6 meter [8]. Ini adalah salah satu fasilitas terbesar yang digunakan untuk penelitian rekayasa kelautan. Ada berbagai versi *wave tank* kecil yang digunakan di laboratorium pendidikan atau penelitian skala kecil. Beberapa bisa berukuran hanya beberapa meter, misalnya 1-2 meter panjang dan lebar yang lebih kecil lagi. *Wave tank Ocean Prototype-1* dibangun dengan dimensi 110 x 35 x 35 cm dan dilengkapi unit pembangkit gelombang, sensor, dan perekam data parameter gelombang berbasis Arduino Uno [9]. Simulator gelombang skala laboratorium juga pernah dibuat yang dirancang untuk menghasilkan gelombang yang menyerupai kurva sinusoidal, simulator ini dilengkapi dengan sistem pembangkit gelombang berupa motor DC dan dikembangkan dengan ukuran 120 cm x 25 cm x 20 cm [10].

Gelombang buatan yang dihasilkan pada *wave tank* terbentuk dari *wave maker*. Ada beberapa jenis *wave maker* yang bisa digunakan, misalnya *wave maker* tipe *plunger* [11] beroperasi dengan mengayunkan baji berbentuk segitiga secara vertikal di dalam air untuk menghasilkan gelombang. Pola gelombang yang diinginkan tergantung pada desain pembuat gelombang bersama dengan parameter yang mengatur pergerakannya.

Jenis lainnya adalah *wave maker* tipe *flap*. *Wave maker* tipe *flap* pada *flume tank* mampu menghasilkan gelombang reguler yang tidak lebih dari 13 cm pada panjang langkah *stroke*, kecepatan putaran potensio motor bervariasi antara 220° - 240° [12]. Sedangkan pada *wave flume* dengan dimensi

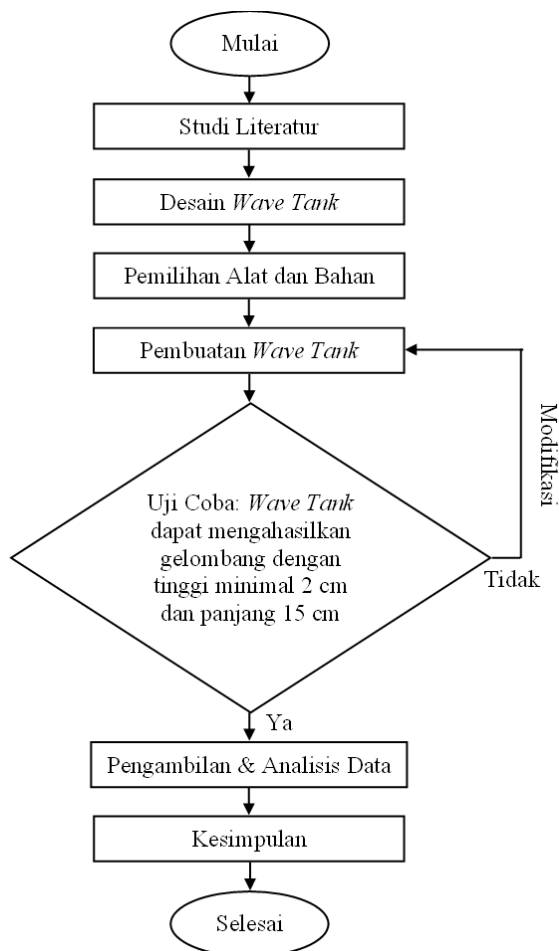
300 cm x 20 cm x 50 cm dan *wave maker* tipe piston mampu menghasilkan gelombang yang regular. Gelombang regular tersebut dihasilkan pada panjang langkah tidak lebih dari 4,5 cm dan kecepatan putar dinamo pada *wave maker* kurang dari 82,167 rpm [13].

Adapun penelitian yang menggabungkan antara tipe *flap* dan juga piston [14]. Pembuat gelombang adalah salah satu peralatan eksperimental yang paling penting dalam teknik kelautan. Untuk memenuhi tuntutan simulasi amplitudo gelombang yang lebih tinggi dan membandingkan efek pembangkit gelombang tipe piston dan tipe *flap*, diusulkan perangkat pembangkit gelombang baru dan pembangkit gelombang tipe piston dan tipe *flap* baru dengan vibrator kontrol-katup putar.

Pada penelitian ini dibuat *wave maker* tipe *flap* untuk mengamati gelombang yang dihasilkan. Perhitungan gaya dorong pada *flap* dilakukan dengan cara menarik besi *flap* dengan timbangan gantung saat melakukan penarikan *flap* yang mengenai beban akan bergerak mendorong beban dan pada saat yang bersamaan timbangan akan menunjukkan gaya dorong yang terjadi pada *flap*. Setelah mendapatkan beban dorong pada *flap*, dilanjutkan menggunakan rumus gaya, kecepatan, percepatan, serta daya dan usaha untuk dapat menentukan daya motor listrik yang akan digunakan untuk menggerakkan *flap*.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian secara eksperimental [15], yaitu dimulai dengan studi literatur, membuat desain dan perhitungan alat, menyiapkan alat dan bahan, membuat alat, melakukan uji fungsi langsung pada alat, serta diakhiri dengan melakukan pengambilan dan analisis data. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi terkait *wave tank* yang telah dibuat peneliti lainnya. Selanjutnya dibuat desain dari tangki utama dan rangkanya serta pembuat gelombang tipe *flap*. Tahap berikutnya adalah persiapan alat dan pembuatan *wave tank*. Sebelum melakukan pengambilan data, terlebih dahulu dilakukan uji coba *flap* pembuat gelombang. Uji coba dilakukan dengan cara menyalakan motor listrik dan mengamati gerak *flap* tanpa beban dan juga dengan beban air selama 1 menit. Apabila *wave tank* mampu menghasilkan gelombang dengan minimal tinggi 2 cm dan panjang 15 cm, maka dilanjutkan dengan pengambilan data. Namun jika belum mampu menghasilkan kriteria gelombang yang diinginkan, maka dilakukan modifikasi pada sistem penggerak *flap*.

Proses pengambilan data gelombang diawali dengan menyalakan motor listrik.

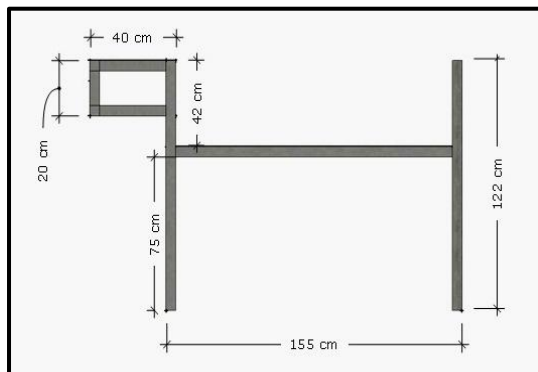
Proses pengambilan data dilakukan dengan cara manual yaitu dengan menggunakan meteran dan kamera *handphone*. Terdapat 3 titik pengukuran gelombang yaitu pada titik 55 cm, 75 cm, dan 95 cm. Pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali pada setiap masing-masing titik dan dilakukan selama 10 menit saat mesin beroperasi.

3. Hasil dan Pembahasan

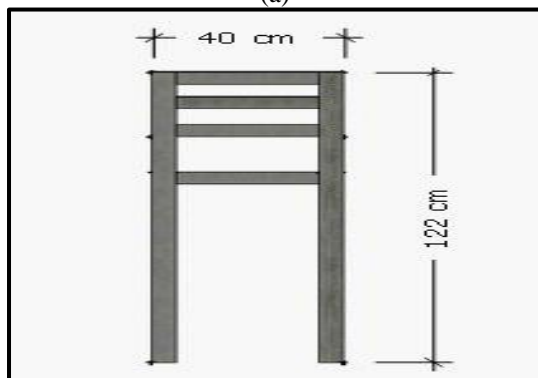
Tangki yang berguna sebagai penampung air pada *wave tank* terbuat dari kaca yang memiliki ketebalan 5 mm dengan ukuran 150 cm x 35 cm x 35 cm. Proses pembuatan tangki melalui pemotongan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, kemudian disatukan dengan lem kaca yang kuat agar kaca menyatu dengan baik dan kaca dapat menahan gelombang yang tercipta dari *wave tank*. Kaca dipilih karena dapat memudahkan proses pengamatan terhadap gelombang yang tercipta. Tangki utama ini ditopang oleh rangka yang berukuran 155 cm x 40 cm x 122 cm dan tinggi rangka dari bawah ke ke tangki 75 cm (Gambar 2). Jenis besi yang digunakan adalah besi L dengan ukuran 5 x 5 yang cukup kuat untuk menopang tangki dan mesin dari *wave tank* tersebut. Dalam pembuatan kerangka besi L dipotong dengan ukuran yang telah ditentukan dan dilas dengan baik agar dapat bertahan dalam waktu yang lama.

Komponen penggerak utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah motor listrik yang memiliki daya 200 watt. Motor listrik diletakkan dengan posisi horizontal dan disambungkan dengan besi ulir ukuran 12 mm yang terdapat bearing pada setiap ujungnya. *Flap* yang digunakan sebagai pembuat gelombang terbuat dari akrilik dengan ukuran yang memiliki daya tahan yang cukup dan massa yang ringan yang memiliki lebar dan panjang. *Flap* yang digunakan terbuat dari akrilik dengan ukuran 51 cm x 33 cm dan ketebalan 5 mm. Akrilik dipilih sebagai bahan dari *flap* karena memiliki massa yang ringan dan kekuatan yang cukup untuk membuat gelombang pada *wave tank*. Gambar 3

menunjukkan desain dari *wave tank* yang dibuat.

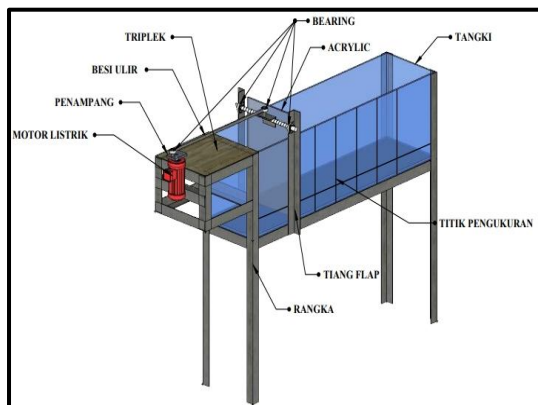


(a)



(b)

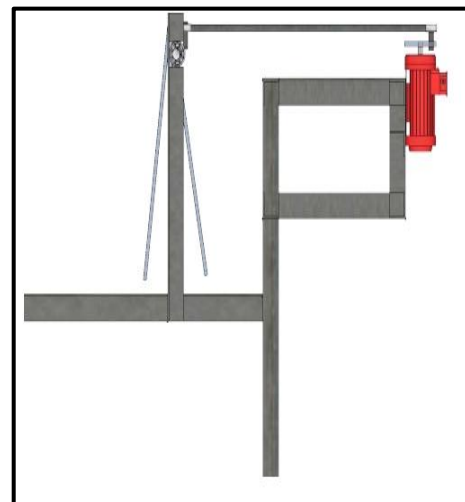
Gambar 2. Desain Rangka *Wave Tank* (a) Tampak Samping (b) Tampak Belakang



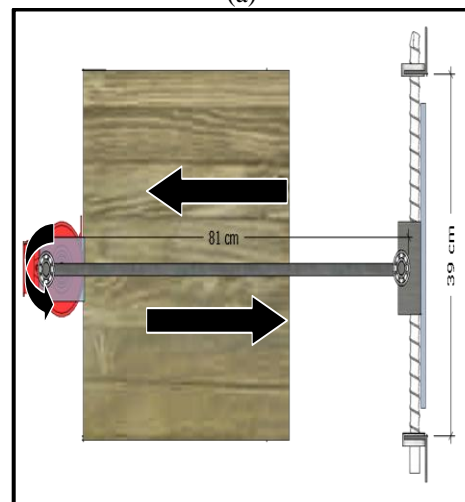
Gambar 3. Desain *Wave Tank* Model *Flap* Skala Laboratorium

Mekanisme penggerak dari *wave tank* model *flap* adalah putaran poros pada motor listrik dengan penampang yang terhubung ke besi ulir yang memiliki bearing pada kedua ujungnya dan langsung terhubung ke *flap* pembuat gelombang yang menggantung pada besi L yang bagian bawahnya dapat bergerak karena terdapat bearing pada kedua sisi besi L. Hasil dari

putaran motor listrik ini adalah *flap* dapat bergerak dengan besi ulir gantung sebagai porosnya. Gelombang tercipta akibat dari pergerakan *flap* yang terhubung ke motor listrik. *Flap* adalah komponen yang penting dari penelitian ini karena dari gerakan komponen ini menghasilkan gelombang. *Flap* dapat bergerak maju mundur karena memiliki besi ulir gantung sebagai poros dari pergerakannya. Gambar 4 menunjukkan mekanisme *flap* yang digerakkan motor listrik.



(a)



(b)

Gambar 4. Mekanisme penggerak *wave tank* (a) Tampak samping, (b) Tampak Atas

Setelah *wave tank* model *flap* skala laboratorium selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah uji coba untuk mengetahui bahwa *flap* mampu bergerak saat tanpa beban/ tanpa air di dalam tangki

dan saat berisi air sebanyak 15% volume tangki. Tabel 1 menunjukkan hasil uji coba.

Tabel 1. Hasil pengambilan data frekuensi ayunan flap pada wave tank selama 1 menit

Volume Air	Pengambilan Data Ke-					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Tanpa air (0 % volume tangki)	180	182	183	179	177	180
15 % volume tangki	121	121	120	122	120	120

Dari hasil uji coba diketahui bahwa motor listrik dapat menggerakkan flap baik ketika tanpa beban (tanpa air) maupun ketika diberi beban air sebanyak 15 % volume tangki. Selanjutnya dilakukan pengambilan data untuk meneliti panjang gelombang dan tinggi gelombang. Data panjang gelombang dan tinggi gelombang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, gelombang terpanjang yang dihasilkan adalah 36 cm yang terjadi pada percobaan pertama di titik 75 cm. Berdasarkan Tabel 4, tinggi gelombang paling besar juga terdapat pada percobaan pertama di titik pengukuran 75 cm, yaitu sebesar 4 cm. Grafik rata-rata panjang gelombang dan tinggi gelombang di masing-masing titik disajikan pada Gambar 5.

Tabel 2. Data panjang gelombang

Titik Pengukuran (cm)	Pengambilan Data Ke-				
	1	2	3	4	5
55	19	27	28	36	29
75	36	25	28	34	28
95	24	24	25	25	28

Tabel 3. Data tinggi gelombang

Titik Pengukuran (cm)	Pengambilan Data Ke-				
	1	2	3	4	5
55	2,0	2,5	2,3	3,2	2,1
75	4,0	2,5	2,6	2,0	3,9
95	3,0	2,0	3,5	2,0	3,0

Berdasarkan Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa panjang gelombang dan tinggi gelombang terbaik dihasilkan pada titik pengukuran 75 cm, yaitu dengan rata-rata panjang gelombang 30,2 cm dan rata-

rata tinggi gelombang 3 cm. Perbedaan rata-rata panjang gelombang yang dihasilkan dari tiap titik pengukuran tidak terlalu berbeda signifikan dengan selisih terbesar hanya 5 cm. Begitu pula untuk rata-rata tinggi gelombang yang dihasilkan pada tiap titik pengukuran yang hanya terdapat perbedaan 0,58 cm.



Gambar 5. Rata-Rata Panjang Gelombang dan Tinggi Gelombang

Daya motor listrik yang digunakan terhitung sebesar 22 Watt dengan kecepatan 120 rpm. Rasio tinggi gelombang dan rasio panjang gelombang dengan kedalaman air adalah 0,2 dan 2,013. Pada penelitian [10] dengan kecepatan 195,5 rpm, menghasilkan tinggi gelombang 0,9 cm dari 6 cm tinggi air dalam wave tank, maka didapatkan rasio 0,18. Sedangkan untuk panjang gelombang diperoleh rasio 2,75, yaitu perbandingan panjang gelombang 16,5 cm dengan kedalaman air 6 cm. Dari perbandingan rasio dapat diamati bahwa dengan rpm yang sedikit lebih besar masih kurang optimal dalam menghasilkan gelombang. Hal ini diakibatkan karena sistem penggerak flap yang belum dirancang dengan baik.

4. Kesimpulan

Wave tank model flap skala laboratorium yang telah dibuat berukuran rangka 155 cm x 40 cm x 122 cm yang terbuat dari besi L ukuran 5 cm x 5 cm serta memiliki dimensi tangki yaitu, 150 cm x 35 cm x 35 cm yang terbuat dari kaca dengan ketebalan 5 mm. Flap penghasil gelombang

dihasilkan dari motor listrik dengan daya 200 Watt. Gelombang yang paling panjang dan paling tinggi dari pengujian *wave tank* model *flap* skala laboratorium adalah 36 cm dan 4 cm. Sedangkan untuk nilai rata-rata dari tiga titik pengukuran didapatkan rata-rata gelombang paling panjang 30,2 cm dan paling tinggi 3 cm. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang sistem penggerak *flap* agar mampu memaksimalkan daya motor listrik yang digunakan.

Referensi

- [1] Drew B. , 2009. A review of wave energy converter technology. *Proc. ImechE* 223, 887–902.
- [2] Wang, Y. et al., 2022. WEC shape effect on the motion response and power performance of a combined wind-wave energy converter. *Ocean Engineering* 250, 1–14.
- [3] Sona, R. A. dkk., 2014. Analisa kinerja pneumatic Wave Energy Converter (WEC) dengan menggunakan Oscillating Water Column (OWC). *Jurnal Teknik POMITS* 3, F39–F42.
- [4] Siregar, C. A., 2020. Perencanaan instrumen konversi energi tenaga gelombang dengan menggunakan teknik kolom osilasi. *Jurnal Mesil (Mesin, Elektro, Sipil)* 1, 63–71.
- [5] Afifah, L. N. N. dan Safira, I. T., 2020. Optimalisasi desain turbin wells pada sistem osilasi kolom air pembangkit listrik tenaga gelombang laut sebagai upaya meningkatkan potensi supply energi terbarukan pada masyarakat pesisir. *Jurnal OFFSHORE* 4, 26–37.
- [6] Alamian, R. et al., 2019. WEC in a laboratory wave tank. *Marine Engineering* 14, 1–9.
- [7] Informasi dari <http://www4.edesign.co.uk/waves/so-me-wave-1/> (diakses pada 3 Maret 2024)
- [8] Informasi dari <https://engineering.oregonstate.edu/wave-lab/facilities/large-wave-flume> (diakses pada 3 Maret 2024)
- [9] Informasi dari <https://lppm.itk.ac.id/detail-berita/bermain-dengan-gelombang-bersama-wtop-1-wave-tank-ocean-prototype-1#> (diakses pada 3 Maret 2024)
- [10] Vionita, V. dkk., 2022. Rancang bangun simulator gelombang laut skala laboratorium berbasis motor DC. *Justek: Jurnal Sains Dan Teknologi* 5, 61–67.
- [11] Lowell, S. et al., 2022. Plunger-type wavemakers with flow: sensitivity analysis and experimental validation. *Applied Ocean Research* 121.
- [12] Mardiansyah A. dkk., 2023. Rancang bangun alat flume tank type flap untuk pemodelan gelombang laut skala laboratorium. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang* 10, 1–5.
- [13] Prayogi, H. dkk., 2016. Rancang bangun wave flume sederhana menggunakan wavemaker tipe piston. *Jurnal Oseanografi* 5, 398–405.
- [14] Liu, Y., et al., 2020. Wave generation characteristic analysis of piston and flap type wave maker with rotary-valve-control vibrator. *Journal of Vibration and Control* 0, 1–12.
- [15] Pratomo, T. dkk., 2024 Rancang bangun mesin ekstruder plastik. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin* 13, 142–147.