

PERANCANGAN CETAKAN UNTUK PRODUKSI PANEL BETON *FLY ASH BOTTOM ASH*

*Ilham Maulana Prihutama, Sugiyanto², Budi Setiyana³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: ilhammaulanaprihutama@gmail.com

Abstrak

Suatu pekerjaan infrastruktur tidak lepas dari penggunaan beton untuk pekerjaan konstruksi. Panel beton adalah produk beton *precast* atau *precast concrete*, panel beton disusun pada kolom penjepit untuk kebutuhan pagar tembok. Rancangan ini bertujuan untuk memproduksi panel beton dari material *fly ash bottom ash*. Keinginan pelanggan meliputi harga terjangkau, durabilitas tinggi, dimensi alat ringkas, perawatan mudah, material tersedia di pasaran, pemasangan panel beton praktis, alat aman digunakan, beban alat ringan, pembuatan mudah, dan memenuhi Standar Nasional Indonesia. Kemudian dari beberapa keinginan pelanggan tersebut dibuat beberapa alternatif konsep produk dengan beberapa alternatif *part*. Dari beberapa alternatif konsep yang berjumlah 72 alternatif konsep, didapatkan konsep produk terpilih yaitu alternatif konsep produk ke-8 yang terdiri dari beberapa *part*. *Part* yang terpilih yaitu rangka utama, penahan dinding sisi samping, sambungan dengan mur dan baut, landasan kerja, alur sekat dengan kontur U *grooving*, sambungan dengan mur dan baut, sekat, pengunci sekat, penahan sekat bagian atas dengan pipa kotak dengan plat berjarak, dudukan pengunci sekat cetakan, dinding sisi luar, dan pengunci cetakan bagian luar dengan kunci slot vertikal. Proses pembuatan panel beton *fly ash bottom ash* memiliki tiga SOP yaitu prosedur pemasangan cetakan panel beton, prosedur pengisian cetakan panel beton, dan prosedur pelepasan cetakan panel beton.

Kata kunci: *fly ash bottom ash*; panel beton; perancangan

Abstract

An infrastructure project cannot be separated from using concrete for construction project. Concrete panels are one of the precast or precast concrete products, which are arranged in a clamp column for wall fence needs. This design aims to produce fly ash bottom ash concrete panels. Customer desires include affordable prices, high durability, compact dimensions, easy maintenance, available materials on the market, practical concrete panel installation, safety to use, light loads, easy manufacture, and qualify Indonesian National Standards. Then from some of the customer's wishes, several alternative product concepts were made with several alternative parts. From 72 alternative concepts total, the selected product concept was obtained at the 8th alternative product concept consisting of several parts. The selected parts are the main frame, side wall retainers, connections with nuts and bolts, work base, partition grooves with U *grooving* contours, connections with nuts and bolts, partition, partition locks, top partition retainers using square pipes with spaced plates, partition lock platform, outer sidewall and outer lock with vertical slot key. The process of producing fly ash bottom ash concrete panels have three SOP, there are the procedure for installing the concrete panel mold, the procedure for filling the concrete panel mold, and the procedure for removing the concrete panel mold.

Keywords: concrete panels; design; fly ash bottom ash

1. Pendahuluan

Mengacu pada data statistik Kementerian ESDM tahun 2016, di Indonesia energi listrik sebanyak 40,8% disediakan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) memanfaatkan batubara sebagai bahan bakarnya. Terdapat dampak negatif bagi lingkungan dari penggunaan batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik yaitu berupa lebih banyaknya emisi limbah dibandingkan bahan bakar minyak dan gas [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Uap menghasilkan limbah sisa pembakaran berbentuk *fly ash*, serta *bottom ash*. Dhasilkan sekitar 5% polutan padat dalam bentuk abu (*fly ash* dan *bottom ash*), dimana sekitar 10-20% adalah *bottom ash* dan sekitar 80-90% *fly ash* dari total abu yang dihasilkan pada pembakaran batubara. Untuk mengurangi timbunan limbah diperlukan usaha pemanfaatan *bottom ash*. Bentuk fisik dari *bottom ash* memiliki kesamaan menyerupai pasir sungai. Ukuran butirannya bervariasi seperti pasir halus dan pasir kasar. Penampilan fisik *bottom ash* membuat peneliti tertarik untuk menggunakan *bottom ash* sebagai bahan substitusi agregat dalam campuran komposisi untuk proses pembuatan beton.

Proses adalah suatu cara yang dilakukan dalam suatu kegiatan tertentu. Proses produksi adalah kegiatan mengubah bahan baku menjadi suatu produk [2]. Secara umum, proses produksi melalui beberapa tahapan, yaitu pemilihan bahan baku, proses pencampuran dan atau penambahan bahan baku, proses pengolahan dari bahan mentah menghasilkan suatu produk [3].

Pada proses pembuatan panel beton *fly ash bottom ash*, sesuai dengan sifat beton *fly ash bottom ash*, yang cepat kering, maka proses penetakan tidak membutuhkan waktu seperti beton konvensional [4].

Penelitian ini bertujuan merancang sebuah cetakan panel beton *fly ash bottom ash* dengan memperhatikan pemilihan komponen dan *part* yang digunakan supaya proses produksi panel beton lebih efisien. Cetakan panel beton tersusun atas beberapa komponen. Dalam sebuah komponen tersusun atas beberapa *part*, yang fungsinya saling melengkapi satu sama lain guna menunjang fungsi utama cetakan panel beton.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Konsep Perancangan Panel Beton *Fly Ash Bottom Ash*

Gambaran dari perancangan panel beton *fly ash bottom ash* yaitu dengan tahapan sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Berikut ini adalah keterangan diagram alir pada Gambar 1.

1. Studi Literatur

Mempelajari teori-teori yang berkaitan dengan pokok permasalahan tentang dasar perancangan suatu produk melalui literatur, jurnal ilmiah, bahan kuliah, dan internet.

2. Spesifikasi Teknis

Proses perancangan yang dilaksanakan berdasarkan pengembangan fungsi produk, bertujuan untuk menentukan spesifikasi teknis produk yang sebelumnya pernah dibuat. Spesifikasi teknis produk yang sebelumnya pernah dibuat, meliputi komponen dan *part* di rancang kembali, dan di sempurnakan kembali, sesuai dengan keinginan pelanggan.

3. Alternatif Konsep

Menentukan alternatif konsep dari spesifikasi teknis pada produk yang sudah dibuat. Alternatif konsep terdiri dari komponen, *part*, dan alternatif *part* yang berbeda, dengan fungsi dan tujuan yang sama pada produk.

4. Pemilihan Konsep

Melakukan pemilihan alternatif konsep dengan cara melakukan penilaian dari alternatif konsep produk sesuai dengan keinginan pelanggan, agar konsep produk dapat berfungsi secara optimal.

5. Konsep Produk Terpilih

Konsep terpilih merupakan alternatif konsep yang memiliki penilaian tertinggi diantara alternatif konsep produk yang ada, kemudian melakukan proses interpretasi cetakan sesuai dengan konsep produk yang terpilih menjadi sebuah rancangan desain dengan memperhatikan fungsi dan sub fungsi, serta mempertimbangkan komponen yang tersedia di pasaran dan mudah di jangkau oleh pelanggan.

6. Produk Dikembangkan

Melakukan pengembangan produk dengan cara menentukan pelanggan, identifikasi keinginan pelanggan, menentukan struktur komponen, *part*, dan alternatif *part*, menentukan fungsi komponen, *part*, dan alternatif *part*, menentukan konsep produk cetakan panel beton dengan struktur komponen *part*, dan alternatif *part* yang baru.

7. Detail Engineering Design

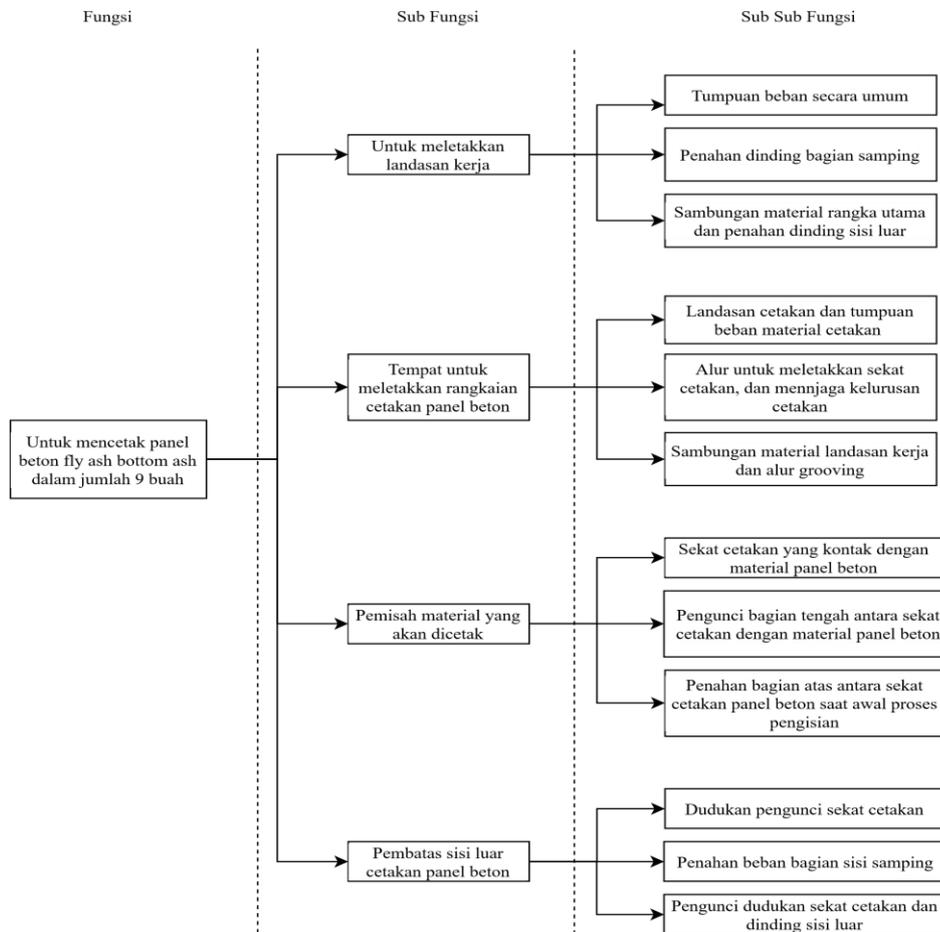
Menentukan *detail engineering design* dengan menentukan konsep bentuk beton, memilih bentuk panel beton, menentukan desain cetakan panel beton, menentukan material cetakan panel beton.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Proses perancangan cetakan panel beton *fly ash bottom ash*

3.1.1. Fungsi, sub fungsi, dan sub- sub fungsi cetakan panel beton *fly ash bottom ash*

Berikut merupakan bagan struktur fungsi cetakan panel beton.



Gambar 2. Bagan Struktur Fungsi Cetakan Panel Beton

3.1.2. Alternatif part cetakan panel beton *fly ash bottom ash*

Tabel 1. Matriks Morfologi Alternatif Part

No	Komponen	Part	Alternatif part
1	Rangka Landasan	A Rangka Utama	
		Penahan	
		B dinding sisi samping	
		C Sambungan	C1 Sambungan las C2 Sambungan mur dan baut C3 Sambungan paku keling
2	Lantai Kerja	D Landasan kerja	
		E Alur Sekat	E1 Alur sekat dengan kontur U <i>grooving</i> E2 Penahan sekat bawah dengan besi siku
		F Sambungan	F1 Sambungan las

			F2 Sambungan mur dan baut
			F3 Sambungan paku keling
3	Sekat Cetakan	G Sekat	
		H Pengunci sekat	
		I Penahan sekat bagian atas	I1 Pipa kotak dengan plat berjarak
I2 Plat beralur U <i>grooving</i>			
4	Dinding batas luar cetakan	J Dudukan pengunci sekat cetakan	
		K Dinding sisi luar	
		L Pengunci cetakan bagian luar	L1 Kunci slot vertikal
L2 Kunci slot horizontal			

3.2. Alternatif konsep produk cetakan panel beton *fly ash bottom ash*

Tabel 2 menginterpretasikan alternatif konsep konsep produk dari cetakan panel beton *fly ash bottom ash*.

Tabel 2. Matriks Morfologi Alternatif Konsep Produk

No	Alternatif konsep produk		Interpretasi alternatif komponen & part
1	Alt. Konsep produk	1	A+B+C1+D+E1+F1+G+H+I1+J+K+L1
2	Alt. Konsep produk	2	A+B+C2+D+E1+F1+G+H+I1+J+K+L1
3	Alt. Konsep produk	3	A+B+C3+D+E1+F1+G+H+I1+J+K+L1
4	Alt. Konsep produk	4	A+B+C1+D+E2+F1+G+H+I1+J+K+L1
5	Alt. Konsep produk	5	A+B+C2+D+E2+F1+G+H+I1+J+K+L1
6	Alt. Konsep produk	6	A+B+C3+D+E2+F1+G+H+I1+J+K+L1
7	Alt. Konsep produk	7	A+B+C1+D+E1+F2+G+H+I1+J+K+L1
8	Alt. Konsep produk	8	A+B+C2+D+E1+F2+G+H+I1+J+K+L1
9	Alt. Konsep produk	9	A+B+C3+D+E1+F2+G+H+I1+J+K+L1
10	Alt. Konsep produk	10	A+B+C1+D+E2+F2+G+H+I1+J+K+L1
11	Alt. Konsep produk	11	A+B+C2+D+E2+F2+G+H+I1+J+K+L1
12	Alt. Konsep produk	12	A+B+C3+D+E2+F2+G+H+I1+J+K+L1
13	Alt. Konsep produk	13	A+B+C1+D+E1+F3+G+H+I1+J+K+L1
14	Alt. Konsep produk	14	A+B+C2+D+E1+F3+G+H+I1+J+K+L1
15	Alt. Konsep produk	15	A+B+C3+D+E1+F3+G+H+I1+J+K+L1
16	Alt. Konsep produk	16	A+B+C1+D+E2+F3+G+H+I1+J+K+L1
17	Alt. Konsep produk	17	A+B+C2+D+E2+F3+G+H+I1+J+K+L1
18	Alt. Konsep produk	18	A+B+C3+D+E2+F3+G+H+I1+J+K+L1
19	Alt. Konsep produk	19	A+B+C1+D+E1+F1+G+H+I2+J+K+L1
20	Alt. Konsep produk	20	A+B+C2+D+E1+F1+G+H+I2+J+K+L1
21	Alt. Konsep produk	21	A+B+C3+D+E1+F1+G+H+I2+J+K+L1
22	Alt. Konsep produk	22	A+B+C1+D+E2+F1+G+H+I2+J+K+L1
23	Alt. Konsep produk	23	A+B+C2+D+E2+F1+G+H+I2+J+K+L1
24	Alt. Konsep produk	24	A+B+C3+D+E2+F1+G+H+I2+J+K+L1

25	Alt. Konsep produk	25	A+B+C1+D+E1+F2+G+H+I2+J+K+L1
26	Alt. Konsep produk	26	A+B+C2+D+E1+F2+G+H+I2+J+K+L1
27	Alt. Konsep produk	27	A+B+C3+D+E1+F2+G+H+I2+J+K+L1
28	Alt. Konsep produk	28	A+B+C1+D+E2+F2+G+H+I2+J+K+L1
29	Alt. Konsep produk	29	A+B+C2+D+E2+F2+G+H+I2+J+K+L1
30	Alt. Konsep produk	30	A+B+C3+D+E2+F2+G+H+I2+J+K+L1
31	Alt. Konsep produk	31	A+B+C1+D+E1+F3+G+H+I2+J+K+L1
32	Alt. Konsep produk	32	A+B+C2+D+E1+F3+G+H+I2+J+K+L1
33	Alt. Konsep produk	33	A+B+C3+D+E1+F3+G+H+I2+J+K+L1
34	Alt. Konsep produk	34	A+B+C1+D+E2+F3+G+H+I2+J+K+L1
35	Alt. Konsep produk	35	A+B+C2+D+E2+F3+G+H+I2+J+K+L1
36	Alt. Konsep produk	36	A+B+C3+D+E2+F3+G+H+I2+J+K+L1
37	Alt. Konsep produk	37	A+B+C1+D+E1+F1+G+H+I1+J+K+L2
38	Alt. Konsep produk	38	A+B+C2+D+E1+F1+G+H+I1+J+K+L2
39	Alt. Konsep produk	39	A+B+C3+D+E1+F1+G+H+I1+J+K+L2
40	Alt. Konsep produk	40	A+B+C1+D+E2+F1+G+H+I1+J+K+L2
41	Alt. Konsep produk	41	A+B+C2+D+E2+F1+G+H+I1+J+K+L2
42	Alt. Konsep produk	42	A+B+C3+D+E2+F1+G+H+I1+J+K+L2
43	Alt. Konsep produk	43	A+B+C1+D+E1+F2+G+H+I1+J+K+L2
44	Alt. Konsep produk	44	A+B+C2+D+E1+F2+G+H+I1+J+K+L2
45	Alt. Konsep produk	45	A+B+C3+D+E1+F2+G+H+I1+J+K+L2
46	Alt. Konsep produk	46	A+B+C1+D+E2+F2+G+H+I1+J+K+L2
47	Alt. Konsep produk	47	A+B+C2+D+E2+F2+G+H+I1+J+K+L2
48	Alt. Konsep produk	48	A+B+C3+D+E2+F2+G+H+I1+J+K+L2
49	Alt. Konsep produk	49	A+B+C1+D+E1+F3+G+H+I1+J+K+L2
50	Alt. Konsep produk	50	A+B+C2+D+E1+F3+G+H+I1+J+K+L2
51	Alt. Konsep produk	51	A+B+C3+D+E1+F3+G+H+I1+J+K+L2
52	Alt. Konsep produk	52	A+B+C1+D+E2+F3+G+H+I1+J+K+L2
53	Alt. Konsep produk	53	A+B+C2+D+E2+F3+G+H+I1+J+K+L2
54	Alt. Konsep produk	54	A+B+C3+D+E2+F3+G+H+I1+J+K+L2
55	Alt. Konsep produk	55	A+B+C1+D+E1+F1+G+H+I2+J+K+L2
56	Alt. Konsep produk	56	A+B+C2+D+E1+F1+G+H+I2+J+K+L2
57	Alt. Konsep produk	57	A+B+C3+D+E1+F1+G+H+I2+J+K+L2
58	Alt. Konsep produk	58	A+B+C1+D+E2+F1+G+H+I2+J+K+L2
59	Alt. Konsep produk	59	A+B+C2+D+E2+F1+G+H+I2+J+K+L2
60	Alt. Konsep produk	60	A+B+C3+D+E2+F1+G+H+I2+J+K+L2
61	Alt. Konsep produk	61	A+B+C1+D+E1+F2+G+H+I2+J+K+L2
62	Alt. Konsep produk	62	A+B+C2+D+E1+F2+G+H+I2+J+K+L2
63	Alt. Konsep produk	63	A+B+C3+D+E1+F2+G+H+I2+J+K+L2
64	Alt. Konsep produk	64	A+B+C1+D+E2+F2+G+H+I2+J+K+L2
65	Alt. Konsep produk	65	A+B+C2+D+E2+F2+G+H+I2+J+K+L2
66	Alt. Konsep produk	66	A+B+C3+D+E2+F2+G+H+I2+J+K+L2
67	Alt. Konsep produk	67	A+B+C1+D+E1+F3+G+H+I2+J+K+L2
68	Alt. Konsep produk	68	A+B+C2+D+E1+F3+G+H+I2+J+K+L2
69	Alt. Konsep produk	69	A+B+C3+D+E1+F3+G+H+I2+J+K+L2
70	Alt. Konsep produk	70	A+B+C1+D+E2+F3+G+H+I2+J+K+L2

71	Alt. Konsep produk	71	A+B+C2+D+E2+F3+G+H+I2+J+K+L2
72	Alt. Konsep produk	72	A+B+C3+D+E2+F3+G+H+I2+J+K+L2

3.3. Evaluasi Alternatif Konsep Produk

3.3.1. Definisi Pelanggan

Pelanggan atau pemakai suatu produk adalah orang-orang yang berhubungan secara langsung maupun tidak langsung dengan perusahaan-perusahaan bisnis [5]. Pada proses perancangan cetakan panel beton *fly ash bottom ash*, pelanggan adalah orang, maupun badan, atau organisasi yang berhubungan dengan cetakan panel beton *fly ash bottom ash*.

3.3.2. Daftar Pelanggan

a. Pemerintah, Kementerian atau Lembaga Terkait

Secara umum, pemerintah diartikan sebagai kelompok orang yang memiliki wewenang untuk memerintah negara [6]. Dalam pembahasan kali ini pemerintah sebagai regulator dari cetakan panel beton *fly ash bottom ash*.

b. Distributor atau Toko Cetakan Panel Beton

Distributor yaitu pihak yang membeli produk dari produsen secara langsung [7]. Dalam hal ini distributor sebagai penyalur dari pembuat cetakan panel beton ke pengguna cetakan panel beton *fly ash bottom ash*.

c. Kontraktor Pengguna Panel Beton

Kontraktor adalah tenaga profesional yang biasanya membantu perusahaan menyelesaikan proyek-proyeknya dalam kurun waktu tertentu [8]. Kontraktor dalam hal ini yaitu sebagai pengguna produk panel beton *fly ash bottom ash*.

d. UKM Pembuat Panel Beton

UKM (Usaha Kecil Menengah) adalah kegiatan ekonomi rakyat yang berskala kecil, dan memenuhi kriteria kekayaan bersih atau hasil penjualan tahunan serta kepemilikan sebagaimana diatur dalam undang – undang [9]. UKM pengrajin panel beton dalam hal ini sebagai pembuat panel beton *fly ash bottom ash*.

e. Perancang Cetakan Panel Beton

Perancang adalah individu yang mempunyai kemampuan untuk membuat suatu desain dalam suatu alat atau produk [10]. Perancang dalam hal ini yaitu sebagai orang yang mendesain cetakan panel beton *fly ash bottom ash*.

f. Pembuat Cetakan Panel Beton Fly Ash Bottom Ash

Pembuat merupakan orang yang membuat suatu produk yang telah didesain atau dirancang oleh seorang perancang. Seorang pembuat produk merealisasikan produk sesuai dengan spesifikasi yang telah dibuat oleh perancang yang telah disesuaikan oleh keinginan konsumen [11]. Pembuat dalam hal ini yaitu sebagai orang yang membuat cetakan panel beton *fly ash bottom ash*.

3.3.3. Identifikasi Keinginan Pelanggan

a. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengamatan di lapangan dengan beberapa pelanggan terkait yaitu pemerintah, kementerian atau lembaga terkait, distributor atau toko, kontraktor, UKM pengrajin panel beton, perancang, dan juga pembuat.

b. Menyusun Keinginan Pelanggan

Tabel 3. Daftar Keinginan Pelanggan

No	Pelanggan	Keinginan Pelanggan
1	Pemerintah, Kementerian, atau Lembaga terkait	Alat aman digunakan
		Panel Beton memenuhi standar SNI
2	Distributor atau Toko Cetakan Panel Beton	Harga terjangkau
		Dimensi alat ringkas
		Beban alat ringan
3	Kontraktor Pengguna Panel Beton	Harga terjangkau
		Awet

		Pemasangan panel beton praktis
		Panel beton sesuai dengan SNI
4	UKM Pembuat Panel Beton	Harga Terjangkau
		Awet
		Perawatan mudah
		Alat praktis digunakan
5	Perancang Cetakan Panel Beton	Dimensi alat ringkas
		Memiliki nilai estetika
		Alat aman digunakan
6	Pembuat Cetakan Panel Beton Fly Ash Bottom Ash	Material tersedia di pasaran
		Proses pembuatan mudah
		Alat aman digunakan
		Beban alat ringan

3.3.4. Penilaian Iterative konsep produk cetakan panel beton FABA

Tabel 4. Penilaian Alternatif Konsep Produk

Kriteria Keinginan pelanggan	Alternatif Konsep Produk									
	8	26	7	3	1	48	37	34	40	58
Harga terjangkau	8	8	8	7	7	7	7	7	7	5
Durabilitas tinggi	9	9	8	9	9	7	8	8	7	8
Dimensi alat ringkas	8	8	8	7	8	8	8	7	7	8
Perawatan mudah	9	8	8	8	8	8	7	7	7	6
Material tersedia di pasaran	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Pemasangan panel beton praktis	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Alat aman digunakan	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Beban alat ringan	8	8	9	8	8	7	7	7	7	7
Pembuatan mudah	8	8	7	8	6	8	7	7	7	6
Panel beton memenuhi SNI	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Jumlah penilaian	86	84	83	82	81	80	79	78	77	75

3.4. Konsep Produk Terpilih

Dari tabel 4, dapat disimpulkan bahwa alternatif konsep produk 8 sebagai penilaian konsep produk yang tertinggi dari 72 alternatif konsep produk yang ada berdasarkan keinginan pelanggan dengan total nilai 86.

3.5. Detail Engineering Design

3.5.1. Konsep bentuk panel beton fly ash bottom ash

Pemilihan konsep bentuk produk panel beton fly ash bottom ash dilakukan berdasarkan penilaian alternative konsep bentuk panel beton sesuai dengan keinginan pelanggan. Berikut ini adalah keinginan pelanggan terhadap bentuk panel beton :

Tabel 5. Keinginan Pelanggan Terhadap Bentuk Panel Beton

No	Keinginan Pelanggan	Keterangan Keinginan Pelanggan
1	Aman dari akses hewan buas	Mengurangi resiko dari kerugian yang ditimbulkan karena hewan buas yang masuk ke wilayah yang di sekat.
2	Aman dari akses orang lain	Mengurangi resiko dari kerugian yang ditimbulkan karena akses orang lain yang masuk ke wilayah yang di sekat.
3	Pemasangan	Pemasangan panel beton mudah dan cepat dilakukan.

4	Estetika	Terlihat estetik, dan tidak mengganggu kenyamanan visual.
---	----------	---

Tabel 6. Alternatif Konsep Bentuk Panel Beton *Fly Ash Bottom Ash*

No	Alternatif Konsep Bentuk	Keterangan Konsep Bentuk Panel Beton
1	Kubus 	a. Memiliki 6 bidang sisi yang berbentuk persegi b. Memiliki 12 rusuk yang panjangnya sama c. Memiliki rumus $V = \text{sisi} \times \text{sisi} \times \text{sisi}$
2	Kuboid 	a. Memiliki 6 bidang sisi yang berbentuk persegi panjang dan memiliki 3 pasang sisi yang saling kongruen b. Memiliki rumus $V = p \times l \times t$
3	Prisma segitiga 	a. Memiliki alas dan tutup yang berbentuk segitiga b. Rangka prisma berupa 3 buah persegi panjang dan 2 buah segitiga c. Memiliki 6 titik sudut d. Memiliki rumus $V = \text{Luas Alas} \times \text{Tinggi prisma}$
4	Silinder 	a. Memiliki alas dan tutup yang berbentuk lingkaran b. Rangka tabung berupa 1 buah persegi panjang dan 2 buah lingkaran c. Memiliki rumus $V = \pi \times r^2 \times t$

3.5.2. Pemilihan bentuk panel beton *fly ash bottom ash*

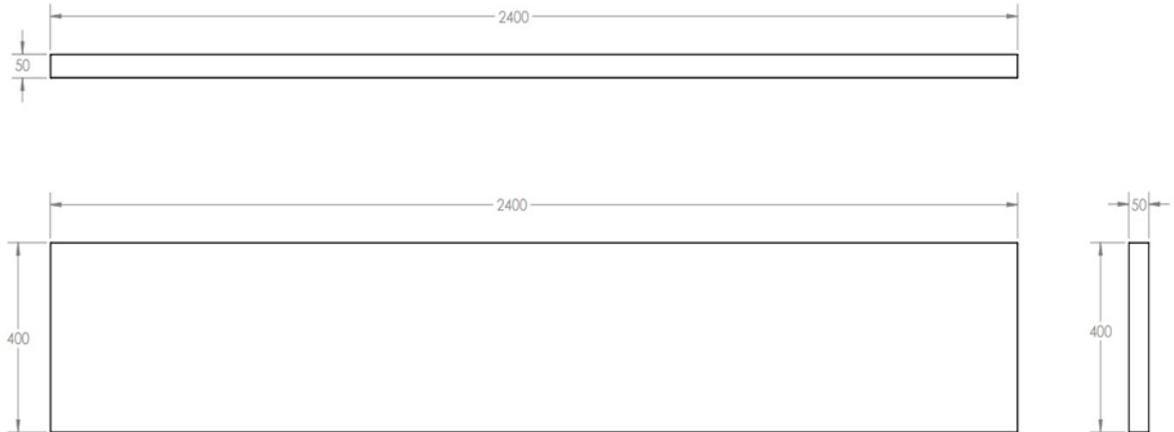
Pemilihan alternatif konsep bentuk dilakukan dengan cara melakukan penilaian terhadap konsep bentuk dengan aspek yang diinginkan pelanggan. Penilaian alternatif konsep bentuk panel beton *Fly Ash Bottom Ash* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Penilaian Alternatif Konsep Bentuk Panel Beton *Fly Ash Bottom Ash*

Keinginan Pelanggan	Alternatif Konsep Bentuk Panel Beton			
	Kubus	Kuboid	Prisma Segitiga	Tabung
Aman dari akses hewan buas	9	9	4	7
Aman dari akses orang lain	9	9	4	7
Pemasangan cepat	6	9	4	2
Estetika	7	7	8	7
Jumlah penilaian	31	34	20	23

3.5.3. Bentuk panel beton *fly ash bottom ash*

Dari tabel 7, dapat disimpulkan bahwa alternatif konsep bentuk panel beton dengan bentuk kuboid sebagai penilaian konsep produk yang tertinggi dari 4 alternatif konsep bentuk panel beton yang ada. Bentuk dan dimensi panel beton dapat dilihat pada gambar 3.



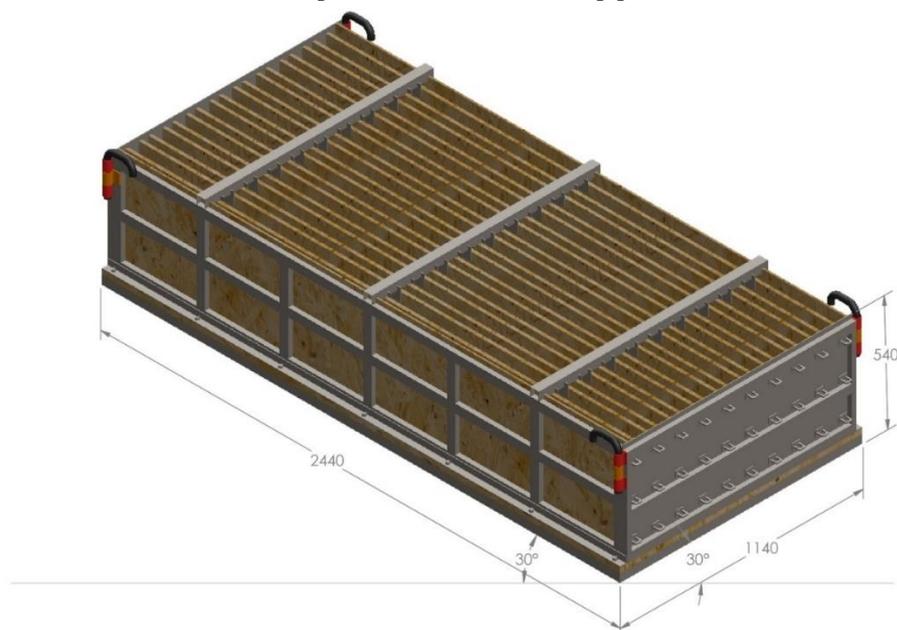
Gambar 3. Bentuk dan Dimensi Panel Beton *Fly Ash Bottom Ash*

Keterangan Bentuk Panel Beton *Fly Ash Bottom Ash* :

1. Panjang : 2400 mm
2. Tinggi : 400 mm
3. Tebal : 50 mm

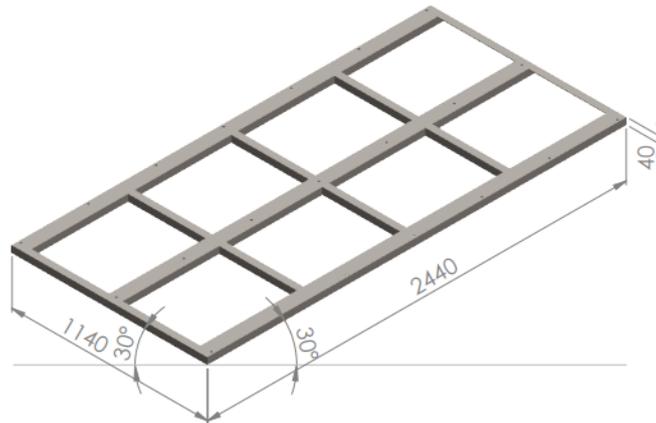
3.5.4. Konsep desain cetakan panel beton *fly ash bottom ash*

Konsep produk cetakan panel beton *fly ash bottom ash* terdiri dari beberapa komponen, setiap komponen terdiri dari part – part yang sudah ditentukan berdasarkan pemilihan alternatif konsep produk.



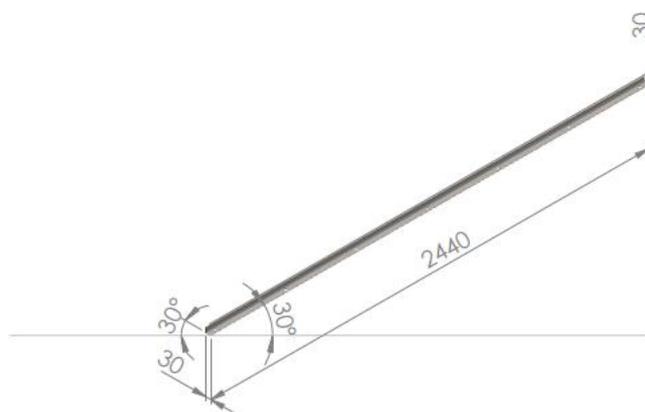
Gambar 4. Assembly Cetakan Panel Beton *Fly Ash Bottom Ash*

A. Komponen Rangka Landasan
 1. Part Rangka Utama



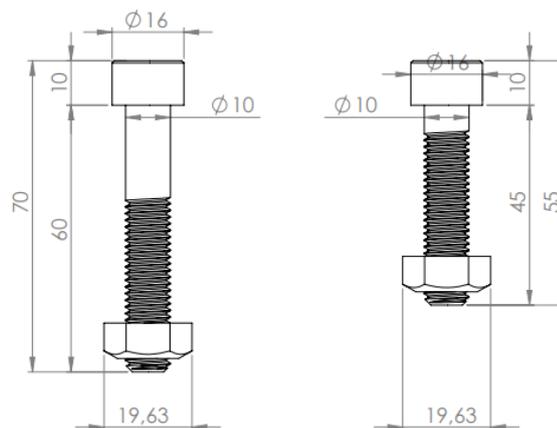
Gambar 5. Part Rangka Utama

2. Part Penahan Dinding Sisi Samping



Gambar 6. Part Penahan Dinding Sisi Luar

3. Part Sambungan Mur dan Baut



Gambar 7. Part Sambungan Mur dan Baut

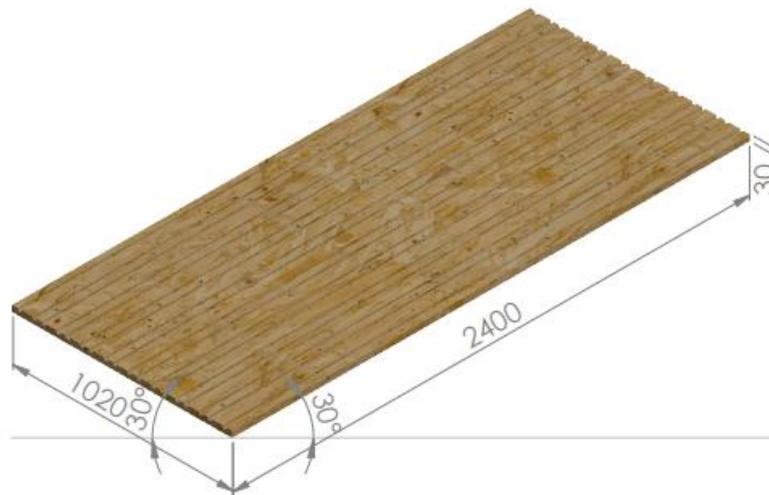
B. Komponen Lantai Kerja

1. Part Landasan Kerja



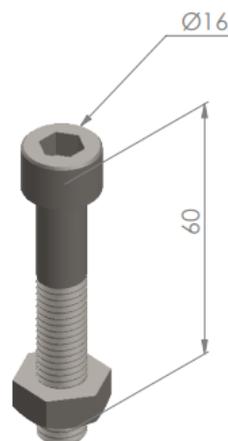
Gambar 8. Part Landasan Kerja

2. Part Alur Sekat



Gambar 9. Part Alur Sekat

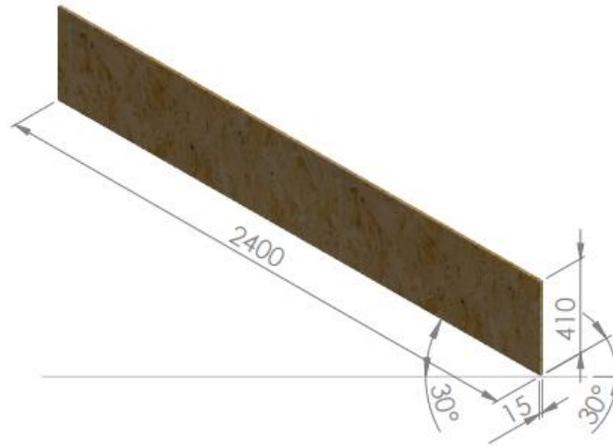
3. Part Sambungan Mur dan Baut



Gambar 10. Part Sambungan Mur dan Baut

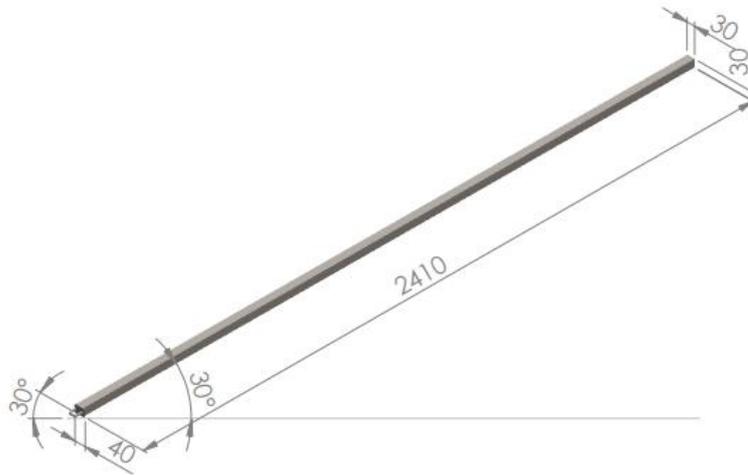
C. Komponen Sekat Cetakan

1. Part Sekat



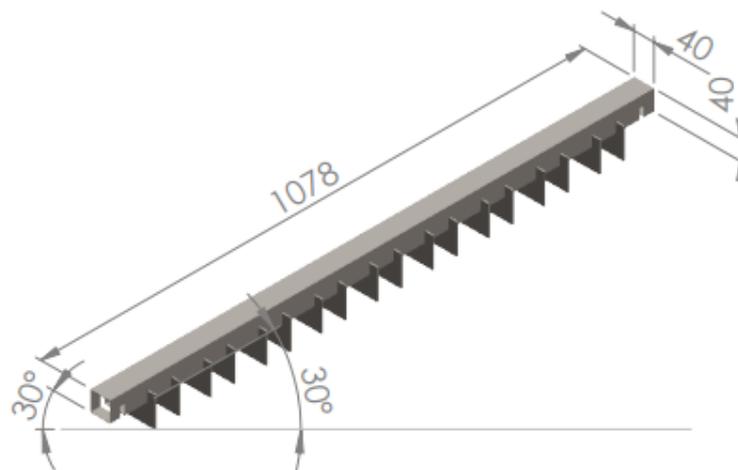
Gambar 11. Part Sekat

2. Part Pengunci Sekat



Gambar 12. Part Pengunci Sekat

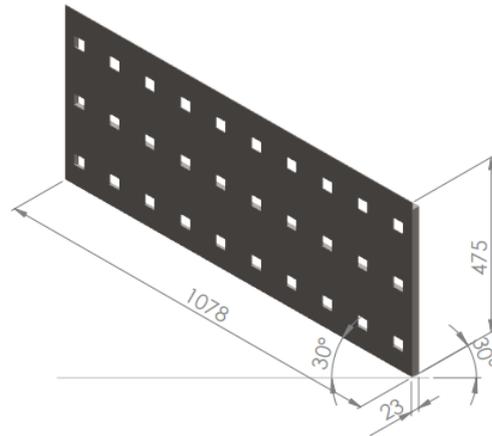
3. Part Penahan Sekat Bagian Atas



Gambar 13. Part Penahan Sekat Bagian Atas

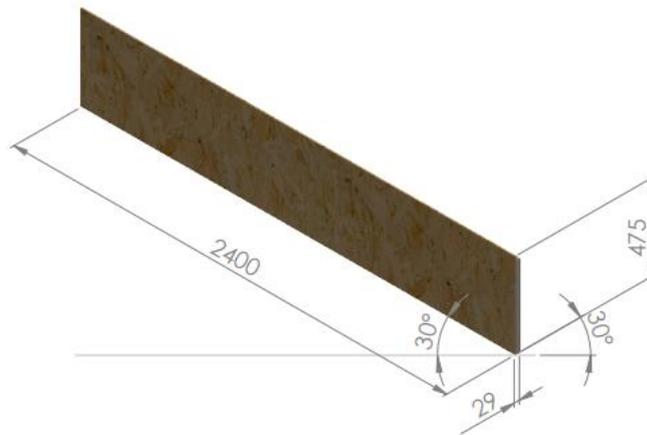
D. Komponen Dinding Batas Luar Cetakan

1. Part Dudukan Pengunci Sekat Cetakan



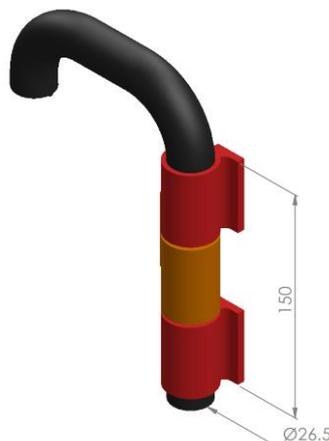
Gambar 14. Part Dudukan Pengunci Sekat Cetakan

2. Part Dinding Sisi Luar



Gambar 15. Part Dinding Sisi Luar

3. Part Pengunci Cetakan Bagian Luar



Gambar 16. Part Pengunci Cetakan Bagian Luar

3.5.5. Konsep material cetakan panel beton fly ash bottom ash

Penentuan material cetakan panel beton dimulai dengan menentukan material part yang terdapat pada cetakan panel beton. Material yang digunakan pada part cetakan panel beton fly ash bottom ash dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Material Cetakan Panel Beton Fly Ash Buttom Ash

No	Part	Material	Keterangan
1	Rangka utama	Besi	UNP 80x40x4x6mm
		Besi	Siku 40x40x4mm
2	Penahan dinding sisi samping	Besi	Siku 30x30x3mm
3	Sambungan rangka landasan	Baut besi	M10x60mm
		Baut besi	M10x45mm
4	Landasan kerja	Multipleks kayu meranti	Tebal 25mm
5	Alur sekat	Multipleks kayu meranti	Tebal 30mm
6	Sambungan rantai kerja	Baut besi	M10x60mm
7	Sekat	Multipleks kayu meranti	Tebal 15mm
8	Pengunci sekat	Besi	Pipa kotak 30x30x1,6mm
		Besi	Plat tebal 3mm
		Besi	As kotak 6x6mm
9	Penahan sekat bagian atas	Besi	Pipa kotak 40x40x1,6mm
10	Dudukan pengunci sekat cetakan	Besi	Pipa kotak 20x20x1,6mm
		Besi	Plat tebal 3mm
11	Dinding sisi luar	Besi	Pipa kotak 40x20x1,6mm
		Multipleks kayu meranti	Tebal 9mm
12	Pengunci cetakan bagian luar	Besi	As bulat Ø25mm
		Besi	As bulat Ø26,5mm
		Besi	Plat tebal 3mm

Pemilihan konsep material cetakan panel beton dilakukan dengan memperhatikan aspek ketersediaan material di pasaran. Ketersediaan material di pasaran mempengaruhi dari segi biaya untuk pembuatan dan perawatan cetakan panel beton fly ash bottom ash.

4. Kesimpulan

Konsep produk terpilih yaitu konsep produk 8 dengan total nilai 86 (dari 10 aspek penilaian), yang terdiri dari beberapa part yaitu rangka utama, rangka utama, penahan dinding sisi samping, sambungan dengan mur dan baut, landasan kerja, alur sekat dengan kontur *U grooving*, sambungan dengan mur dan baut, sekat, pengunci sekat, penahan sekat bagian atas dengan pipa kotak dengan plat berjarak, dudukan pengunci sekat cetakan, dinding sisi luar, dan pengunci cetakan bagian luar dengan kunci slot vertikal. Standar operasional dan penggunaan cetakan panel beton dalam proses pembuatan panel beton fly ash bottom ash ada tiga SOP yaitu prosedur pemasangan cetakan panel beton, prosedur pengisian cetakan panel beton, dan prosedur pelepasan cetakan panel beton.

5. Daftar Pustaka

- [1] S. Wardani, "Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) Untuk Stabilitas Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Manggurangi Pencemaran Lingkungan," *Pengukuhan Guru Besar Fak. Tek. Univ. Diponegoro*, pp. 1–71, 2008.
- [2] D. S. Bowo, "ANALISIS PERBAIKAN PROSES PRODUKSI PADA PT SUMBER TEKNIK SENTOSA," *Jurnla Manaj. Bisnis*, vol. 8, 2018.
- [3] A. Kadim, *Penerapan Manajemen Produksi dan Operasi Di Industri Manufaktur*. 2017.
- [4] T. T. Yahya, "Pengaruh Kombinasi Fly Ash Dan Bottom Ash Sebagai Bahan Substitusi Pada Campuran Beton

-
- Terhadap Sifat Mekanis,” *Jom F Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [5] D. Arfifahani, “Pengaruh Nilai Pelanggan Terhadap Loyalitas Pelanggan Melalui Kepuasan Pelanggan (Studi Kasus Concordia Executive Lounge Terminal A Bandara International Adisutjipto Yogyakarta),” *J. Ekobis Dewantara*, vol. 1, no. 3, pp. 42–47, 2018.
- [6] D. . Sumantri, “Tentang Kebijakan Pemerintah,” *J. Huk. Pembang.*, vol. 32, no. 1, p. 39, 2002, doi: 10.21143/jhp.vol32.no1.1322.
- [7] A. Widjojo, “Pengaruh Biaya Saluran Distribusi Dan Jumlah Tenaga Penjual Terhadap Volume Penjualan Pada Pt Teratai Widjaja,” vol. 4, no. 2, 2016.
- [8] Suparji, “Pengembangan Investasi Infrastruktur : Kerjasama Pemerintah-Swasta Dan,” 2018, [Online]. Available: https://repository.uai.ac.id/wp-content/uploads/2020/08/PENGEMBANGAN-INVESTASI-INFRASTRUKTUR-KERJASAMA-PEMERINTAH-SWASTA-DAN-KAWASAN-EKONOMI-KHUSUS_2018_SA.pdf.
- [9] Rafika, “Analisis Pengaruh Usaha Kecil Dan Menengah (UKM) Gabungan Kelompok Tani Coklat Dalam Meningkatkan Pendapatan Masyarakat (Studi Kasus Di Kecamatan Kademangan, Kabupaten Blitar),” 2010.
- [10] R. F. Prakosa and A. E. Tantowi, “Perbandingan Metode Rasional Dengan Kreatif Untuk Mendesain Alat Bantu Pasang Lampu,” *Forum Tek.*, vol. 33, no. 2, pp. 111–124, 2010.
- [11] P. R. P. GALIH, “Perancangan Mesin Penyuir Daging Untuk Bahan Baku Abon,” *Univ. Negeri Yogyakarta*, 2012.