

## Perancangan Struktur Produk, *Operation Process Chart*, dan *Assembly Chart* pada Pengembangan Mesin Pencetak Bio Briket Teknologi Tepat Guna

Masrizal Simatupang<sup>1</sup>, Imam Bayhaqi<sup>1</sup>, Daumi Rahmatika<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jambi

\*Corresponding author, e-mail: daumirahmatika2907@gmail.com

### ABSTRACT

*This study aims to design an Appropriate Technology (AT) based bio briquette molding machine to utilize palm oil shell waste as an alternative renewable energy source. An industrial engineering approach was employed through Struktur Produk design to systematically define the hierarchical relationships among machine components and facilitate the assembly process. The study adopted a mixed method approach, combining qualitative and quantitative methods. Data were collected through direct observation of the machine manufacturing process, work measurement using the Bill of Materials method, and literature review. The product structure, Operation Process Chart (OPC), and Assembly Chart (AC) were developed to describe component relationships, production process sequences, and assembly stages. Work time analysis was conducted to determine the cycle time required for manufacturing the machine. The results show that the proposed design provides a clear and systematic representation of the Struktur Produk, manufacturing operations, and assembly procedures. Furthermore, the measured work time supports production planning by identifying the actual manufacturing time required. The developed machine design is expected to improve production efficiency and contribute to the sustainable utilization of local biomass resources for alternative energy development.*

*Keyword: Appropriate Technology, product structure, Operation Process Chart (OPC), Assembly Chart (AC), Work Measurement.*

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang mesin pencetak bio briket berbasis Teknologi Tepat Guna (TTG) sebagai solusi pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit menjadi sumber energi alternatif terbarukan. Pendekatan teknik industri diterapkan melalui perancangan struktur produk untuk menggambarkan hubungan hierarkis antar komponen mesin sehingga memudahkan proses perakitan secara sistematis. Penelitian menggunakan metode campuran (mixed methods) yang mengombinasikan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Data diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses pembuatan mesin, pengukuran waktu kerja menggunakan metode *Bill of Materials*, serta studi literatur. Struktur Produk, *Operation Process Chart* (OPC), dan *Assembly Chart* (AC) disusun untuk menggambarkan hubungan antar komponen, urutan proses produksi, serta tahapan perakitan mesin. Analisis waktu kerja dilakukan untuk menentukan waktu siklus yang diperlukan dalam proses pembuatan mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perancangan Struktur Produk, OPC, dan AC mampu memberikan gambaran yang sistematis mengenai susunan komponen, alur proses produksi, dan tahapan perakitan mesin pencetak bio briket. Selain itu, hasil pengukuran waktu kerja mendukung perencanaan produksi yang lebih efisien serta berkontribusi pada pengembangan teknologi pemanfaatan biomassa lokal sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan.

Kata kunci: Teknologi Tepat Guna, Struktur Produk, *Operation Process Chart* (OPC), *Assembly Chart* (AC), Pengukuran Waktu Kerja.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu produsen kelapa sawit terbesar di dunia, sehingga menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah yang sangat besar. Selain tandan kosong dan serat, cangkang kelapa sawit (palm kernel shell) merupakan limbah padat yang memiliki nilai kalor tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku bio briket. Pemanfaatan limbah biomassa menjadi bahan bakar padat tidak hanya mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga mendukung penyediaan energi alternatif yang berkelanjutan serta meningkatkan nilai tambah limbah agroindustri [1][2].

Provinsi Jambi merupakan salah satu sentra perkebunan kelapa sawit di Indonesia dengan luas perkebunan mencapai sekitar 1,2 juta hektare dan produksi Crude Palm Oil (CPO) sekitar 2,7 juta ton per tahun [2]. Kondisi tersebut menyebabkan ketersediaan limbah cangkang kelapa sawit dalam jumlah melimpah yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku bio briket. Namun, sebagian besar limbah tersebut masih dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler atau belum dimanfaatkan secara optimal sehingga nilai ekonominya relatif rendah.

Bio briket merupakan bahan bakar padat yang dihasilkan melalui proses karbonisasi dan pemadatan biomassa menggunakan bahan perekat tertentu. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa bio briket berbahan dasar limbah pertanian maupun limbah kelapa sawit memiliki karakteristik pembakaran, nilai kalor, dan kekuatan mekanik yang baik sehingga layak dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan [1][3].

Keberhasilan pemanfaatan bio briket tidak hanya ditentukan oleh kualitas bahan bakunya, tetapi juga dipengaruhi oleh teknologi pencetakan yang digunakan [4][5][6]. Pada skala usaha kecil dan masyarakat, penerapan Teknologi Tepat Guna (TTG) menjadi alternatif yang relevan karena memiliki konstruksi sederhana, biaya pembuatan relatif rendah, mudah dioperasikan, serta mudah dipelihara menggunakan sumber daya lokal [7]. Karakteristik tersebut menjadikan TTG sesuai untuk mendukung pengembangan industri bio briket berbasis masyarakat dan usaha mikro [8][9].

Meskipun penelitian mengenai karakteristik bio briket dari berbagai jenis biomassa telah berkembang cukup pesat, sebagian besar penelitian masih berfokus pada komposisi bahan baku, jenis perekat, tekanan pencetakan, maupun karakteristik pembakaran bio briket [1][10]. Penelitian yang membahas perancangan produk mesin pencetak bio briket secara sistematis dengan pendekatan rekayasa industri masih relatif terbatas. Khususnya, penelitian yang mengintegrasikan Struktur Produk, *Operation Process Chart* (OPC), *Assembly Chart* (AC), dan analisis waktu kerja sebagai dasar perencanaan proses manufaktur mesin pencetak bio briket masih jarang dilaporkan dalam literatur [11][12].

Pendekatan tersebut memiliki peranan penting dalam proses pengembangan produk manufaktur. Struktur Produk digunakan untuk menggambarkan hubungan hierarkis antar komponen penyusun produk sehingga memudahkan penyusunan *Bill of Materials* (BOM) dan proses perakitan. Selanjutnya, *Operation Process Chart* (OPC) digunakan untuk memetakan urutan operasi dan inspeksi selama proses manufaktur, sedangkan *Assembly Chart* (AC) menggambarkan tahapan perakitan komponen menjadi produk akhir secara sistematis [11]. Integrasi ketiga metode tersebut menghasilkan perencanaan proses produksi yang lebih terstruktur, memudahkan identifikasi kebutuhan material, serta mendukung analisis waktu kerja dalam proses pembuatan mesin.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan merancang mesin pencetak bio briket berbasis Teknologi Tepat Guna melalui penyusunan Struktur Produk, *Operation Process Chart* (OPC), dan *Assembly Chart* (AC), serta melakukan analisis waktu kerja menggunakan metode *Bill of Materials*. Kontribusi penelitian ini terletak pada penyusunan model perancangan produk yang terintegrasi dengan pemetaan proses manufaktur dan analisis waktu kerja sebagai dasar pengembangan mesin pencetak bio briket yang sederhana, mudah diproduksi, dan sesuai untuk diterapkan pada skala industri kecil maupun masyarakat.

## METODE

### A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed methods, yaitu mengombinasikan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk menghasilkan rancangan produk sekaligus menganalisis waktu proses pembuatannya. Pendekatan kualitatif digunakan pada tahap identifikasi komponen mesin, penyusunan Struktur Produk, *Operation Process Chart* (OPC), dan *Assembly Chart* (AC). Sementara itu, pendekatan kuantitatif diterapkan melalui pengukuran waktu kerja menggunakan metode *Bill of Materials* untuk memperoleh waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku pada setiap elemen kerja.

Objek penelitian adalah mesin pencetak bio briket berbasis Teknologi Tepat Guna (TTG) yang dirancang untuk mengolah limbah cangkang kelapa sawit menjadi bio briket sebagai sumber energi alternatif.

### B. Pengumpulan Data

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder.

Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap proses pembuatan mesin pencetak bio briket, meliputi proses pengukuran, pemotongan material, pengeboran, pengelasan, perakitan, serta pengukuran waktu kerja menggunakan metode *Bill of Materials* pada setiap elemen pekerjaan.

Data sekunder diperoleh melalui studi literatur yang meliputi buku referensi, artikel ilmiah, standar teknik, dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan Teknologi Tepat Guna, Struktur Produk, *Bill of Materials*, *Operation Process Chart*, *Assembly Chart*, dan pengukuran waktu kerja.

### C. Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui lima tahapan utama sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

#### 1) Identifikasi kebutuhan produk

Tahap awal dilakukan untuk mengidentifikasi fungsi mesin, spesifikasi produk, serta komponen utama yang diperlukan berdasarkan hasil observasi lapangan dan studi literatur.

#### 2) Perancangan Struktur Produk

Seluruh komponen mesin disusun ke dalam struktur hierarkis mulai dari produk akhir, sub-assembly, hingga komponen dasar sebagai dasar penyusunan *Bill of Materials* (BOM).

#### 3) Penyusunan *Operation Process Chart* (OPC)

Berdasarkan hasil observasi proses manufaktur, setiap aktivitas operasi dan inspeksi dipetakan menggunakan *Operation Process Chart* untuk menggambarkan urutan proses pembuatan seluruh komponen mesin.

#### 4) Penyusunan *Assembly Chart* (AC)

Setelah seluruh komponen selesai dibuat, hubungan antar komponen divisualisasikan menggunakan *Assembly Chart* sehingga diperoleh urutan perakitan dari setiap sub-assembly hingga menjadi produk akhir.

#### 5) Pengukuran dan analisis waktu kerja

Setiap elemen kerja diukur menggunakan metode *Bill of Materials* untuk memperoleh waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku sebagai dasar analisis efisiensi proses manufaktur.

### D. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara bertahap sesuai dengan tujuan penelitian. Analisis pertama dilakukan terhadap Struktur Produk untuk mengidentifikasi hubungan hierarkis antar komponen mesin sehingga diperoleh struktur produk yang sistematis. Analisis kedua dilakukan menggunakan *Operation Process Chart* (OPC) untuk mengevaluasi urutan operasi dan inspeksi selama proses pembuatan komponen. Analisis ketiga menggunakan *Assembly Chart* (AC) untuk menganalisis urutan perakitan setiap komponen hingga terbentuk satu unit mesin pencetak bio briket. Analisis terakhir dilakukan terhadap hasil pengukuran waktu kerja menggunakan metode *Bill of Materials*. Analisis ini menghasilkan nilai waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku yang digunakan sebagai dasar evaluasi proses manufaktur mesin.

### E. Rumus Pengukuran Waktu Kerja

Bagian rumus sebaiknya tidak ditempatkan di Landasan Teori, tetapi dipindahkan ke Metode Penelitian, karena rumus tersebut merupakan prosedur analisis data.

### 1) Waktu Siklus (*Cycle Time*)

Waktu siklus merupakan rata-rata waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaan.

$$W_s = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

#### Keterangan

$W_s$  = waktu siklus (menit)

$x_i$  = waktu hasil pengamatan ke- $i$

$n$  = jumlah pengamatan

### 2) Waktu Normal (*Normal Time*)

Waktu normal diperoleh dengan mengalikan waktu siklus dengan faktor penyesuaian (*performance rating*).

$$W_n = W_s \times PR \quad (2)$$

#### Keterangan

$W_n$  = waktu normal

$W_s$  = waktu siklus

$PR$  = performance rating

### 3) Waktu Baku (*Standard Time*)

Waktu baku dihitung dengan mempertimbangkan faktor kelonggaran (*allowance*).

$$W_b = \frac{W_n}{1 - A} \quad (3)$$

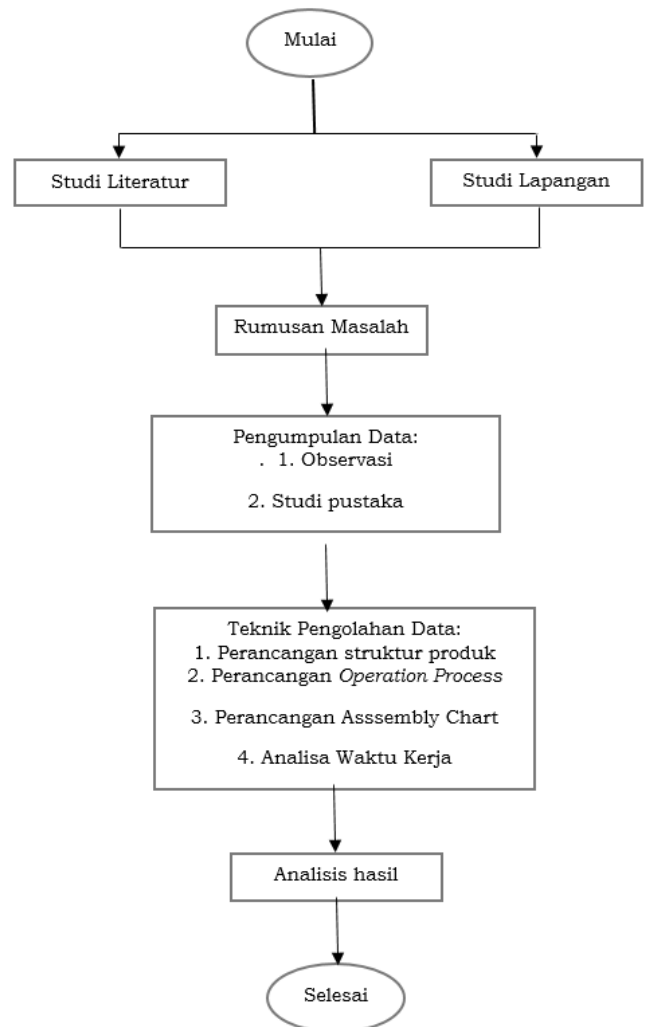
#### Keterangan

$W_b$  = waktu baku

$W_n$  = waktu normal

$A$  = allowance

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Perancangan Struktur Produk

Penyusunan struktur produk ini menunjukkan pembagian komponen mesin yang jelas berdasarkan fungsi dan tingkat perakitannya. Dengan struktur produk yang tersusun hingga beberapa level, setiap komponen dapat diidentifikasi secara sistematis, sehingga mempermudah dalam proses perencanaan perakitan. Susunan struktur produk mesin pencetak bio briket dapat dilihat pada gambar 2.



**Tabel 1.** Waktu Proses Pembuatan Mesin Pencetak Bio Briket

| Nama kegiatan                           | Waktu<br>per proses<br>(menit) | Total<br>(menit) |
|-----------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| <b>Kerangka utama</b>                   |                                |                  |
| 0-1 pengukuran kerangka 2 ea            | 5,97                           | 10,96            |
| 0-2 pemotongan hollow 2 ea              | 2,63                           |                  |
| 0-3 pengukuran hollow kerangka 2 ea     | 0,23                           |                  |
| 0-4 pemotongan hollow kerangka 2 ea     | 2,13                           |                  |
| <b>Kerangka bawah</b>                   |                                |                  |
| 0-5 pengukuran kerangka dudukan 2 ea    | 1,42                           | 2,9              |
| 0-6 pemotongan kerangka dudukan 2 ea    | 1,48                           |                  |
| <b>Kerangka kanan</b>                   |                                |                  |
| 0-7 pengukuran kerangka depan belakang  | 3,80                           | 26,92            |
| 0-8 pengelasan kerangka depan belakang  | 19,87                          |                  |
| 0-9 pengukuran kaki kerangka 3 ea       | 1,65                           |                  |
| 0-10 pemotongan kaki kerangka 3 ea      | 1,60                           |                  |
| <b>Kerangka kiri</b>                    |                                |                  |
| 0-11 pengukuran kerangka samping 2      | 0,67                           | 7,9              |
| 0-12 pemotongan kerangka samping        | 1,43                           |                  |
| 0-13 pengukuran coak 2 ea               | 1,33                           |                  |
| 0-14 pemotongan coak 2 ea               | 4,47                           |                  |
| <b>Cetakan mesin briket</b>             |                                |                  |
| 0-15 pengukuran cetakan                 | 4,78                           | 141,68           |
| 0-16 tekuk                              | 22,18                          |                  |
| 0-17 pemotongan plat                    | 6,00                           |                  |
| 0-18 pengukuran cetakan                 | 3,98                           |                  |
| 0-19 pemotongan cetakan                 | 7,93                           |                  |
| 0-20 finishing                          | 0,50                           |                  |
| 0-21 Pengelasan cetakan                 | 2,18                           |                  |
| 0-22 Pengukuran lobang bor              | 13,33                          |                  |
| 0-23 Pengeboran dudukan mesin           | 14,25                          |                  |
| 0-24 Pengelasan cetakan                 | 55,70                          |                  |
| 0-25 Pengukuran ruang press cetakan     | 7,62                           |                  |
| 0-26 Pengeboran ruang press cetakan     | 3,23                           |                  |
| <b>Ruang press cetakan</b>              |                                |                  |
| 0-27 pengukuran ruang press cetakan     | 1,47                           | 26,92            |
| 0-28 pemotongan                         | 2,32                           |                  |
| 0-29 pengelasan                         | 4,65                           |                  |
| 0-30 pemotongan coak 2 as               | 3,67                           |                  |
| 0-31 finishing                          | 2,80                           |                  |
| 0-32 pemotongan lubang screw press      | 1,58                           |                  |
| 0-33 finishing                          | 3,03                           |                  |
| 0-34 pengukuran dudukan bearing         | 1,08                           |                  |
| 0-35 pemotongan dudukan bearing         | 2,43                           |                  |
| 0-36 pengelasan dudukan bearing         | 3,30                           |                  |
| <b>As pengaduk mesin briket</b>         |                                |                  |
| 0-37 pengukuran as shock                | 4,78                           | 17,15            |
| 0-38 pemotongan as shock                | 0,85                           |                  |
| 0-39 pengeboran baut as shock           | 2,07                           |                  |
| 0-40 pengelasan baut as shock           | 2,12                           |                  |
| 0-41 pengukuran plat pengaduk 9 cm 4 ea | 3,40                           |                  |
| 0-42 pemotongan plat pengaduk 12 cm     | 2,58                           |                  |
| 0-43 pemotongan plat pengaduk 9 cm      | 1,35                           |                  |

| Nama kegiatan                             | Waktu per proses (menit) | Total (menit) |
|-------------------------------------------|--------------------------|---------------|
| <b>Penumbuk mesin briket</b>              |                          |               |
| 0-44 pengukuran plunger                   | 0,80                     | 177,13        |
| 0-45 pemotongan plunger                   | 7,48                     |               |
| 0-46 finishing                            | 3,54                     |               |
| 0-47 pengukuran corong plunger (hollow)   | 0,18                     |               |
| 0-48 finishing corong plunger             | 2,47                     |               |
| 0-49 pengukuran lubang baut plunger       | 1,90                     |               |
| 0-50 pengeboran lubang baut cetakan       | 5,53                     |               |
| 0-51 penggabungan kerangka                | 60,87                    |               |
| 0-52 perakitan ulir penekan + ruang press | 7,05                     |               |
| 0-53 perakitan ruang press + cetakan      | 8,13                     |               |
| 0-54 perakitan as cetakan + as pengaduk   | 7,75                     |               |
| 0-55 perakitan penumbuk/plunger           | 8,43                     |               |
| 0-56 perakitan dinamo                     | 3,00                     |               |
| 0-57 inspeksi + pengamplasan              | 30,00                    |               |
| 0-58 pengecatan                           | 30,00                    |               |
| <b>Total waktu siklus</b>                 |                          | 411,56        |

Berdasarkan Tabel 1 yaitu waktu proses pembuatan mesin pencetak bio briket, waktu siklus yang diperoleh dalam pembuatan mesin pencetak bio briket sebesar 411,56 menit. Waktu normal terbesar 55,70 menit terdapat pada proses pengelasan cetakan dikarenakan pada proses pengelasan cetakan dibutuhkan tingkat ketelitian dan pengecekan yang tinggi, sedangkan waktu normal yang terkecil 0,18 menit terdapat pada proses pengukuran corong plunger hollow dikarenakan proses ini memiliki tingkat kesulitan lebih mudah dibandingkan yang lainnya.

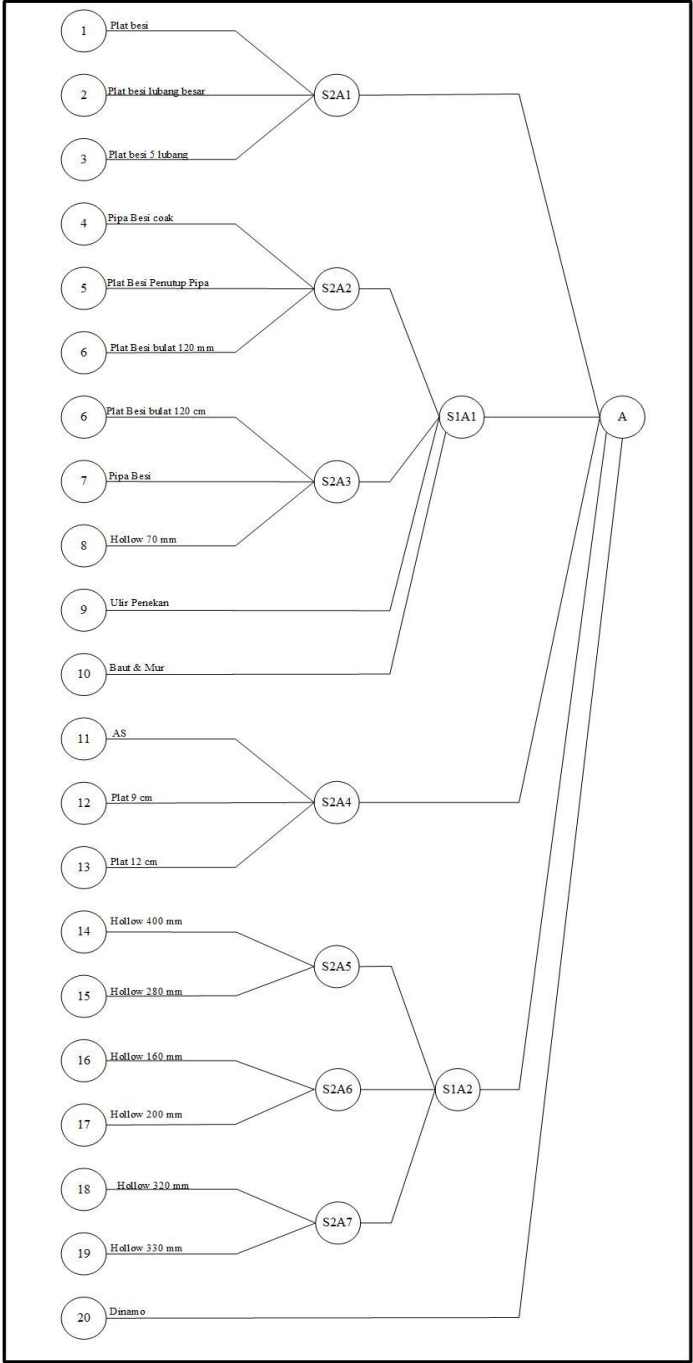
*Operation Process Chart* (OPC) pada pembuatan mesin pencetak bio briket yaitu memiliki 58 proses, 1 pemeriksaan dengan 8 bagian yaitu, cetakan, ruang press, as pengaduk, penumbuk, kerangka kiri, kerangka kanan, kerangka bawah dan kerangka utama.

### C. Perancangan *Assembly Chart*

Berdasarkan *Assembly Chart* (AC) yang terdapat pada gambar 4, proses perakitan mesin pencetak bio briket dimulai dari material awal berupa plat besi, pipa besi, besi hollow, dan AS baja yang sebelum nya telah melalui tahapan pengukuran, pemotongan, pengeboran, dan penjelasan hingga terbentuk komponen-komponen penyusun mesin. Setelah seluruh komponen siap, proses perakitan tidak langsung dilakukan pada produk akhir, melainkan dikelompokkan terlebih dahulu ke dalam beberapa sub-rakitan agar proses perakitan lebih terstruktur dan mudah dikendalikan.

Tahap perakitan sub-rakitan dimulai dari rub-rakitan tingkat (S2), yaitu S2A1, S2A2, S2A3, S2A4, S2A5, S2A6,

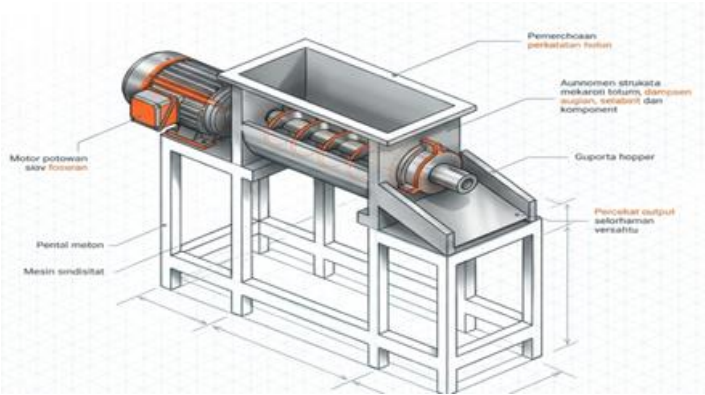
dan S2A7 sesuai dengan *Assembly Chart* (AC). Setelah itu seluruh sub-rakitan S2 selesai, proses dilanjutkan ke tahap S1A1 dan S1A2 sebagai penggabungan sub-rakitan menjadi rakitan utama, kemudian diakhiri dengan pemasangan dinamo hingga terbentuk produk akhir (A) berupa mesin pencetak bio briket.



**Gambar 4.** Susunan perakitan *Assembly Chart* pada mesin pencetak bio briket

Keterangan:

- S2A1 : Rakitan pertama
- S2A2 : Rakitan kedua
- S2A3 : Rakitan ketiga
- S2A4 : Rakitan keempat
- S2A5 : Rakitan kelima
- S2A6 : Rakitan Keenam
- S2A7 : Rakitan Ketujuh
- S1A1 : Penggabungan Rakitan ke 2 dan ke 3
- S1A2 : Penggabungan Rakitan ke 5, 6 dan ke 7
- A : Produk Akhir



**Gambar 5.** Keterangan *Assembly Chart*

**Analisis Waktu Kerja**

Analisis waktu kerja dilakukan untuk mengetahui waktu normal, dan waktu siklus, pada setiap elemen kerja dalam proses pembuatan dan perakitan mesin pencetak bio briket. Pengukuran waktu kerja dilakukan menggunakan metode *bill of materials*, dengan melakukan pengamatan pada setiap aktivitas kerja.

**Penentuan Waktu Proses**

Penentuan waktu proses pada pembuatan mesin pencetak bio briket dilakukan melalui pengukuran setiap elemen kerja menggunakan metode *bill of materials* sesuai dengan *operation process chart* (opc). Pengukuran dilakukan pada seluruh tahapan produksi dan perakitan, mulai dari pengukuran, pemotongan, pengeboran, pengelasan, hingga perakitan komponen. Waktu proses kemudian dikelompokkan berdasarkan komponen utama mesin agar dapat Diketahui Kontribusi Waktu Dari masing-masing komponen terhadap total waktu produksi.

Berdasarkan hasil pengolahan data, waktu proses untuk komponen cetakan adalah 141,68 menit, ruang press 26,92 menit, as pengaduk 17,15 menit, penumbuk 177,13 menit, kerangka kiri 7,9 menit, kerangka kanan 26,92 menit, kerangka bawah 2,9 menit, dan kerangka utama 10,96 menit. Cetakan dan kerangka memiliki waktu proses paling besar karena melibatkan banyak aktivitas pemotongan dan pengelasan. Akumulasi seluruh waktu proses tersebut menghasilkan waktu siklus pembuatan satu unit mesin pencetak bio briket sebesar 411,56 menit.

### Analisis Hasil

Hasil pengukuran waktu kerja menunjukkan bahwa nilai waktu siklus dan waktu normal pada penelitian ini sama, karena pengambilan data dilakukan pada kondisi kerja yang wajar dan stabil.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai perancangan mesin pencetak bio briket berbasis Teknologi Tepat Guna (TTG), dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Perancangan Struktur Produk berhasil menggambarkan hubungan hierarkis antara produk akhir, sub-rakitan, dan komponen penyusun mesin pencetak bio briket secara sistematis. Struktur produk yang dihasilkan mempermudah identifikasi komponen, penyusunan *Bill of Materials* (BOM), serta menjadi dasar dalam perencanaan proses manufaktur dan perakitan.
2. *Operation Process Chart* (OPC) berhasil memetakan seluruh tahapan proses manufaktur mesin pencetak bio briket yang terdiri atas 58 aktivitas operasi dan 1 aktivitas inspeksi. Penyusunan OPC memberikan gambaran yang jelas mengenai urutan proses produksi sehingga memudahkan identifikasi aktivitas yang memerlukan waktu terbesar serta mendukung evaluasi efisiensi proses manufaktur.
3. *Assembly Chart* (AC) berhasil menggambarkan urutan perakitan komponen mulai dari pembentukan sub-rakitan hingga menjadi satu unit mesin pencetak bio briket. Penyusunan *Assembly Chart* memberikan pedoman yang sistematis dalam proses perakitan sehingga mempermudah pelaksanaan produksi,

pengendalian kualitas, dan pengembangan produk pada tahap berikutnya.

4. Hasil pengukuran waktu kerja menggunakan metode *Bill of Materials* menunjukkan bahwa total waktu siklus yang diperlukan untuk menyelesaikan satu unit mesin pencetak bio briket adalah 411,56 menit. Aktivitas pengelasan dan perakitan merupakan tahapan yang memberikan kontribusi waktu terbesar terhadap keseluruhan proses produksi sehingga menjadi prioritas utama dalam upaya peningkatan efisiensi proses manufaktur.
5. Integrasi Struktur Produk, *Operation Process Chart* (OPC), *Assembly Chart* (AC), dan analisis waktu kerja menghasilkan rancangan proses manufaktur yang terstruktur, sistematis, dan mudah diimplementasikan. Pendekatan ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan mesin pencetak bio briket berbasis Teknologi Tepat Guna maupun produk manufaktur sejenis, khususnya pada skala industri kecil dan menengah yang memanfaatkan sumber daya lokal secara berkelanjutan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STITEKNAS) Jambi, khususnya Program Studi Teknik Industri, atas dukungan akademik dan fasilitas penelitian yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu proses observasi, pengumpulan data, serta pembuatan mesin pencetak bio briket sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penghargaan diberikan kepada rekan-rekan peneliti dan semua pihak yang telah memberikan masukan, diskusi ilmiah, serta dukungan teknis selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini sehingga dapat diselesaikan sesuai dengan tujuan yang telah direncanakan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Boadu et al., "Effects of compression pressure, biomass ratio and binder proportion on the calorific value and mechanical integrity of waste-based

- briquettes,” *Bioresource Technology Reports*, vol. 25, 2024.
- [2] Badan Pusat Statistik Provinsi Jambi, *Provinsi Jambi Dalam Angka 2023*, Jambi: BPS Provinsi Jambi, 2023.
- [3] J. Yirijor et al., “Production and characterization of coconut shell charcoal-based bio-briquettes as an alternative energy source for rural communities,” *Heliyon*, vol. 10, no. 16, 2024.
- [4] Widodo Rahayu, Teguh Sugeng. (2024). Limbah Padat Berupa Tandan Kosong, Serat, Dan Cangkang, *Jurnal Green Growth Dan Manajemen Lingkungan Volume 13 Nomor (2)*, Halaman 90-107.
- [5] Brunerová et al., “Manual wooden low-pressure briquetting press: An alternative technology of waste biomass utilisation in developing countries of Southeast Asia,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 436, 2024.
- [6] B. W. Niebel and A. Freivalds, *Methods, Standards, and Work Design*, 13th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2014.
- [7] Suwardana, A., et al. Pengolahan limbah bonggol jagung menjadi briket arang sebagai energi alternatif. *Jurnal Energi Terbarukan*, 8(3), 112-120, 2023.
- [8] Zuhairi. Penerapan Teknologi Tepat Guna Dalam Pembangunan Berkelanjutan Daerah. *Jurnal Pemberdayaan Dan Teknologi Tepat Guna*, Volume 9 Nomor (1), Halaman 33-40, 2025.
- [9] Soni Kuswandi. Perancangan Teknik Industri, Struktur Produk Dan Bill Of Materials Dalam Perancangan Sistem Produksi, Universitas Teknologi Yogyakarta, PT Global Eksekutif Teknologi, Halaman 113-119. 2023.
- [10] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, 7th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2020.
- [11] W. D. Permana, I. Bayhaqi, and C. Handayani, “Perancangan Operation Process Chart Dan Pengukuran Waktu Baku Dengan Metode Stopwatch Time”, *JuTMI*, vol. 1, no. 1, pp. 5–13, Jan. 2022.
- [12] S. Wignjosoebroto, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya, 2008