

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Material komposit merupakan hasil penggabungan dua bahan atau lebih dengan sifat fisik dan kimia yang berbeda, di mana matriks dan bahan penguat saling melengkapi hingga menghasilkan karakteristik baru yang lebih unggul daripada bahan penyusunnya masing-masing (Groover, 2010). Pemanfaatannya pada komponen mesin kini merambah sektor otomotif hingga penerbangan, karena mampu meningkatkan kinerja dan efisiensi produksi. Pada bagian struktural maupun penggerak yang harus tahan terhadap suhu tinggi dan tekanan ekstrem, material logam telah mulai tergantikan oleh material komposit. Perkembangan ilmu material dan teknologi produksi turut mendorong komposit *modern* dirancang lebih ringan, hemat energi, dan tahan terhadap kerusakan (Saro, 2025). Kualitas komposit sangat bergantung pada kekuatan ikatan di daerah *interface*, sebab ikatan yang baik menekan pembentukan *void* yang melemahkan struktur material (Susila dkk., 2021). Salah satu metode pembuatan yang umum digunakan adalah kompaksi, yaitu pemadatan campuran matriks dan penguat di dalam cetakan bertekanan tinggi untuk memperkuat ikatan sekaligus meningkatkan sifat mekanisnya (Callister Jr. & Rethwisch, 2015; Groover, 2010).

Salah satu peralatan yang umum digunakan untuk merealisasikan proses kompaksi tersebut adalah mesin kompaksi hidrolik. Mesin kompaksi merupakan perangkat utama dalam pembuatan material komposit, yang memanfaatkan sistem hidrolik karena mampu menghasilkan gaya tekan besar yang relatif konstan selama proses penekanan berlangsung. Untuk memaksimalkan potensi tersebut, penerapan mesin *Smart Compaction* memegang peran sangat penting guna meningkatkan efisiensi kerja sekaligus menjaga presisi pemadatan material secara konsisten. Pengukuran gaya tekan tersebut dilakukan menggunakan *sensor pressure transmitter* (sensor tekanan) untuk mengukur nilai tekan secara konseptual maupun riil di lapangan. Dalam menjaga stabilitas dan performa operasional mesin, sistem monitoring dan kontrol merupakan suatu sistem peralatan yang berguna untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur suatu keadaan dari suatu sistem (Ogata, 2010). Kehadiran sistem kendali yang terintegrasi memungkinkan parameter-

parameter kritis seperti besaran tekanan dan durasi waktu penekanan (*holding time*) dapat dipantau serta diatur dalam satu sistem.

Beberapa penelitian terdahulu telah berupaya mengembangkan sistem *press* hidrolik atau kompaksi untuk kebutuhan fabrikasi maupun otomasi proses pengepresan. Penelitian (Endriatno, 2026) mengembangkan alat *press* hidrolik untuk fabrikasi material komposit menggunakan pendekatan desain dengan Autodesk Inventor dan simulasi struktur berbasis metode numerik, namun sistem tersebut masih dioperasikan sepenuhnya secara manual tanpa sensor tekanan maupun kendali elektronik, sehingga belum mampu menjamin konsistensi parameter proses. Penelitian (Rafly dkk., 2024) mengembangkan alat bantu pengepres kaleng minuman berbasis Arduino Uno dengan aktuator pneumatik yang telah mampu bekerja secara otomatis, tetapi gaya tekan yang dihasilkan sistem pneumatik relatif terbatas dan belum dilengkapi sensor tekanan maupun pengaturan waktu tahan, sehingga kurang sesuai diterapkan pada proses kompaksi komposit yang membutuhkan tekanan kerja tinggi. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa belum terdapat sistem yang mengintegrasikan monitoring dan kontrol tekanan hidrolik melalui sensor *pressure transmitter*, kontrol waktu otomatis, dan sistem keamanan aktif secara bersamaan dalam satu unit mesin kompaksi komposit, sehingga parameter-parameter tersebut menjadi acuan pengembangan pada penelitian ini.

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D), yaitu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu serta menguji efektivitas produk tersebut, dengan produk yang dihasilkan dapat berupa perangkat keras maupun perangkat lunak (Rachman dkk., 2024). Tahapan penelitian yang akan dilakukan meliputi analisis kebutuhan sistem, perancangan mekanik dan elektronik alat, pembuatan atau perakitan komponen, hingga pengujian unjuk kerja sistem monitoring dan kontrol. Penelitian ini dirancang untuk menggantikan sistem kendali manual dan *pressure gauge* analog dengan sistem monitoring tekanan hidrolik secara *real-time* menggunakan sensor *pressure transmitter*, dilengkapi dengan kontrol waktu sebagai *holding time* pada saat proses kompaksi berlangsung secara otomatis yang terintegrasi dalam satu unit kendali berbasis mikrokontroler Arduino, serta dilengkapi sistem keamanan aktif berupa

tombol *emergency stop* untuk menjamin keselamatan operator selama proses kompaksi berlangsung.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan diatas, maka dapat dirumuskan masalah pada penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem monitoring dan kontrol berbasis Arduino Uno yang dapat diterapkan pada *smart compaction machine* untuk material komposit dengan kemampuan tekan hingga 20 MPa?
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem monitoring tekanan dan kontrol waktu penekanan pada *smart compaction machine* sehingga seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi sesuai fungsi yang dirancang?
3. Bagaimana hasil pengujian fungsional dan akurasi sistem terhadap kinerja sistem yang telah dirancang?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas maksimum pembacaan sensor *pressure transmitter* yang digunakan dibatasi hingga 30 MPa (300 Bar), mengikuti kapasitas maksimal pada spesifikasi sensor.
2. Penelitian ini berfokus pada perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem pemantauan (*monitoring*) serta pengontrolan berbasis mikrokontroler Arduino Uno.
3. Penelitian ini tidak mencakup analisis mendalam mengenai karakteristik mekanika/sistem hidrolik serta tidak melakukan pengujian mekanis pada sampel komposit yang dihasilkan.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang sistem monitoring tekanan hidrolik dan sistem kontrol waktu penekanan berbasis Arduino Uno pada *smart compaction machine* untuk material komposit yang mampu menekan hingga 20 MPa.
2. Membuat serta mengimplementasikan sistem monitoring tekanan dan kontrol waktu penekanan sehingga mampu bekerja secara terintegrasi pada alat kompaksi yang dikembangkan.

3. Menguji dan menganalisis kinerja sistem yang dibuat berdasarkan aspek fungsional dan tingkat akurasi yang dihasilkan.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini dapat membawa manfaat diantaranya:

1. Sebagai sarana pengaplikasian ilmu mikrokontroler Arduino Uno, sensor tekanan, dan sistem hidrolik secara nyata melalui pembuatan mesin kompaksi, sekaligus menjadi referensi bagi penelitian sejenis di masa mendatang.
2. Sebagai peningkatan efisiensi sistem monitoring dan kontrol pada mesin kompaksi, dalam pembuatan material komposit yang digunakan di laboratorium.
3. Menghasilkan sistem monitoring tekanan digital dan kontrol waktu otomatis yang mempermudah operator dalam mengoperasikan mesin kompaksi secara aman, akurat, dan *real-time*.

