MODIFIKASI ALAT PRESS DENGAN PENAMBAHAN KONTROL PEMANAS UNTUK PEMBUATAN PRODUK KOMPOSIT MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama : Alam Hijau Alghazali Adifaya
No. Mahasiswa : 19525070
NIRM : 1904150083

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2024

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

MODIFIKASI ALAT PRESS DENGAN PENAMBAHAN KONTROL PEMANAS UNTUK PEMBUATAN PRODUK KOMPOSIT MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Alam Hijau Alghazali Adifaya

No. Mahasiswa : 19525070

NIRM : 1904150083

Yogyakarta, 15 Agustus 2024

Pembimbing I,



Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc., IPP

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

MODIFIKASI ALAT PRESS DENGAN PENAMBAHAN KONTROL PEMANAS UNTUK PEMBUATAN PRODUK KOMPOSIT MENGGUNAKAN METODE *COMPRESSION MOLDING*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : **Alam Hijau Alghazali Adifaya**

No. Mahasiswa : **19525070**

NIRM : **1904150083**

Tim Penguji

Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP
Ketua
Tanggal : 30/08/2024

Purtojo, S.T., M.Sc.
Anggota I
Tanggal : 280824

Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T. M.T., IPP
Anggota II
Tanggal : 30/8/2024.

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA ★YOGYAKARTA★ FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah yang berlimpah kepada umatnya serta shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Besar kita Muhammad SAW. Saya persembahkan laporan tugas akhir ini kepada:

1. Bapak Aidin Fathurrahman dan Ibu Yanti Srilindawati yang telah mendidik, mendukung, mendoakan dan memberi motivasi dengan penuh kesabaran dan kebijaksanaan, sehingga bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Terima kasih atas kasih sayang yang telah kalian berikan selama ini, jasa kalian tidak bisa terlupakan.
2. Dosen pembimbing, bapak Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc., IPP, yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini dari awal hingga akhir. Terima kasih telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan selama ini.
3. Segenap civitas akademik kampus Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, staf pengajar, karyawan dan seluruh mahasiswa. Semoga selalu diberikan kesehatan dan semangat dalam beraktivitas menjalani hari-harinya dikampus tercinta ini.
4. Keluarga, kerabat terdekat serta teman-teman angkatan yang selalu memberikan semangat dan bantuan. Terima kasih atas dukungan dan bantuan kalian semua, dan jasa kalian tidak akan terlupakan.
5. Terima kasih semua pihak yang belum disebutkan, tugas akhir ini dipersembahkan untuk kalian semua, orang-orang yang disayangi. Semoga tugas akhir dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan dimasa yang akan datang.

HALAMAN MOTTO

"wahai orang-orang yang beriman! Bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap siaga dan bertakwalah kepada allah agar kamu beruntung"

(Q.S Ali-Imran: 200)

"Barang siapa menempuh satu jalan (cara) untuk mendapatkan ilmu, maka Allah pasti mudahkan baginya jalan menuju surga"

(HR. Muslim)

"Sesungguhnya dibalik kesulitan yang Allah berikan kepada kita Pasti ada kemudahan setelah nya"

(Q.S. Al-Insyirah : 5)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'aalamiin, puji syukur atas rahmat dan karunia Allah SWT, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari prodi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Alhamdulillah atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayangnya, sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul "Modifikasi Alat Press Dengan Penambahan Kontrol Pemanas Untuk Pembuatan Produk Komposit Menggunakan Metode Compression Molding". Shalawat dan salam kepada Rasulullah SAW yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk seluruh umat manusia.

Perancangan dan Pelaksanaan Tugas Akhir ini menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan, bantuan serta mendoakan selama menyelesaikan Tugas Akhir ini. Saya menyadari bahwa tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas segala karunia yang telah diberikan untuk menyelesaikan Tugas Akhir
2. Ayah, Ibu, adik, selaku keluarga penulis dan tempat untuk berkeluh kesah penulis, beserta dukungan yang diberi melalui doa dan materi
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN,Eng, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP, selaku Kepala Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc., IPP, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah membimbing selama perancangan dan pelaksanaan Tugas Akhir.

6. Mas Rizky, Mas Syafi'i, dan Mas Adi selaku staf laboran Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah membantu selama pengerjaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Angkatan 2019 Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia selaku tempat bertukar ilmu.
8. Terima kasih juga untuk semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan kerja praktik ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa perancangan, pelaksanaan dan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih melakukan kesalahan dalam menyusun karya yang sebenarnya ini, mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan penulis Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas kesalahan yang telah dibuat dan sangat mengharapkan kritik dan saran bersifat membangun, demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga bermanfaat bagi pembaca dan menjadi acuan untuk melangkah ke arah yang lebih baik, dan semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat dan kebahagiannya untuk kita semua.

ABSTRAK

Mesin *press* merupakan perangkat mekanikal yang digunakan untuk membentuk atau mengubah bentuk suatu material dengan menerapkan tekanan. Dengan berkembangnya teknologi manufaktur maka dibutuhkan mesin *press* yang terintegrasi pemanas (*hot press*). Mesin *hot press* adalah alat industri yang digunakan untuk proses pemanasan dan pemadatan material dengan suhu dan tekanan tinggi. Umumnya, mesin ini berfungsi untuk memproses bahan-bahan seperti kayu, plastik, komposit, dan bahan lainnya yang memerlukan pembentukan atau penggabungan dengan cara dipanaskan. Komponen penting yang digunakan dalam perancangan mesin *hot press* adalah dongkrak hidrolik, modul PID Rex c100, pemanas listrik, dan plat. Mesin *press* yang terintegrasi pemanas biasanya memiliki harga yang relatif mahal, oleh karena itu tujuan dari perancangan ini adalah dapat memodifikasi alat *press* dengan penambahan kontrol pemanas dengan harga yang terjangkau. Suhu yang ditentukan dari kebutuhan *compression molding* yaitu 180 derajat celcius. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan hasil suhu rata-rata yang dihasilkan pada upper plate yaitu 180,3 °C dan pada bottom plate yaitu 182,9 °C. Waktu pemanasan untuk memanaskan plat yaitu 25 menit.

Kata kunci : Mesin *press*, mesin *hot press*, *compression molding*, komposit

ABSTRACT

A press machine is a mechanical device used to shape or change the shape of a material by applying pressure. With the development of manufacturing technology, a press machine with integrated heating (hot press) is needed. A hot press machine is an industrial tool used for the process of heating and compacting materials at high temperature and pressure. Generally, this machine functions to process materials such as wood, plastic, composites and other materials that require forming or combining by heating. Important components used in designing a hot press machine are a hydraulic jack, Rex c-100 PID module, electric heater, and plate. Press machines with integrated heaters usually have relatively expensive prices, therefore the aim of this design is to be able to modify the press tool by adding heating controls at an affordable price. The temperature determined by compression molding requirements is 180 degrees Celsius. From the tests carried out, the average temperature produced on the upper plate was 180.3 degrees Celsius and on the bottom plate was 182.9 degrees Celsius. The heating time for heating the plate is 25 minutes.

***Keywords** : Press machine, hot press machine, compression molding, composite*

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iii
Halaman Persembahan iv
Halaman Motto v
Kata Pengantar vi
Abstrak viii
Daftar Isi x
Daftar Tabel xii
Daftar Gambar xiii
Daftar Notasi xv
Bab 1 Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan 3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan 4
1.6 Sistematika Penulisan 4
Bab 2 Tinjauan Pustaka 5
2.1 Kajian Pustaka 5
2.2 Dasar Teori 6
2.2.1 Mesin Press 6
2.2.2 PID Rex C-100 7
2.2.3 Pemanas Listrik 8
2.2.4 Perpindahan Panas 9
2.2.5 Sensor suhu *Thermocouple* 11
2.2.6 Relay SSR 13
2.2.7 Compression Molding 14
2.2.8 Alumunium 15
Bab 3 MetodE Penelitian 16

3.1 Alur Penelitian 16
3.2 Alat dan Bahan 17
3.3 Desain Alat 18
3.4 Kriteria Alat 19
3.5 Proses Pembuatan Alat 19
3.6 Proses Pengujian Alat 21
3.7 Pengujian Menggunakan Cetakan 23
Bab 4 Hasil dan Pembahasan 24
4.1 Perakitan Modul 24
4.2 Pembuatan *Upper Plate* 25
4.3 Pembuatan *Bottom Plate* 26
4.4 Perhitungan Panas Pada *Upper Plate* 27
4.5 Perhitungan Panas Pada *Bottom Plate* 29
4.6 Pengujian panas 30
4.7 Pengujian panas menggunakan cetakan 31
4.8 Hasil akhir modifikasi alat press 32
Bab 5 Penutup 33
5.1 Kesimpulan 33
5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya 33
Daftar Pustaka 34

DAFTAR TABEL

Tabel 3- 1 Alat yang digunakan pada proses modifikasi..... 17
Tabel 3- 2 Bahan yang digunakan pada proses modifikasi 17
Tabel 3- 3 Keterangan desain alat 18
Tabel 4- 1 Hasil pengujian panas pada plat.....30
Tabel 4- 2 Hasil pengujian pada cetakan..... 31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1- 1 Mesin press yang terintergasi pemanas 2
Gambar 1- 2 Mesin press tidak terintegrasi pemanas 2
Gambar 2- 1 Mesin press hidrolik 6
Gambar 2- 2 Mesin press pneumatik 7
Gambar 2- 3 PID Rex C-100 8
Gambar 2- 4 Diagram blok PID Rex C-100 8
Gambar 2- 5 *Ceramic heater* 9
Gambar 2- 6 *Catridge heater* 9
Gambar 2- 7 Konduksi 10
Gambar 2- 8 Konveksi 10
Gambar 2- 9 Radiasi 11
Gambar 2- 10 Termokopel type E 12
Gambar 2- 11 Termokopel type J 13
Gambar 2- 12 Termokopel type K 13
Gambar 2- 13 Relay SSR dan simbol rangkaiannya 14
Gambar 2- 14 *Compression molding* 15
Gambar 2- 15 Alumunium 15
Gambar 3- 1 Diagram alur penelitian 16
Gambar 3- 2 Desain alat 18
Gambar 3- 3 Proses pembuatan alat 19
Gambar 3- 4 Titik-titik yang dilakukan pengujian panas 22
Gambar 3- 5 Proses pengujian *upper plate* 22
Gambar 3- 6 Proses pengujian *bottom plate* 22
Gambar 3- 7 Titik-titik dilakukan pengujian 23
Gambar 3- 8 Proses pengujian cetakan 23
Gambar 4- 1 Proses perakitan 24
Gambar 4- 2 Modul kontrol pemanas 25
Gambar 4- 3 Proses pengeboran 25
Gambar 4- 4 Hasil *upper plate* 26
Gambar 4- 5 Proses pembuatan *bottom plate* 26

Gambar 4- 6 Hasil *bottom plate* 27
Gambar 4- 7 Hasil akhir alat press 32

DAFTAR NOTASI

Q = kalor (J)

m = massa (Kg)

c = massa kalor jenis (J/kg°C)

ΔT = selisih suhu (°C)

W = energi listrik (Joule)

P = daya (watt)

t = waktu (s)

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin *press* merupakan perangkat mekanikal yang digunakan untuk membentuk atau mengubah bentuk suatu material dengan menerapkan tekanan tertentu. Penggunaan mesin *press* dalam berbagai industri seperti manufaktur, percetakan, dan industri otomotif. (Wardaya Kusuma Cakra, 2019).. Mesin *press* bekerja dengan prinsip menempatkan material di antara dua penumpu atau cetakan kemudian menekannya dengan kekuatan yang dibutuhkan. Dengan tekanan tersebut, maka dapat membentuk produk sesuai desain yang diinginkan. Mesin press juga memiliki beragam ukuran tekanan. (Firmanda & Saputra, 2021). Proses produksi untuk pembuatan produk komposit banyak menggunakan mesin press terutama mesin press yang terintegrasi pemanas.

Mesin *press* yang digunakan untuk pembuatan produk komposit yang menggunakan metode compression molding harus memiliki elemen pemanas yang dapat memanaskan cetakan. Oleh karena itu memodifikasi alat press dengan penambahan kontrol pemanas menjadi solusi untuk dapat membuat produk menggunakan metode *compression molding*. *Compression molding* adalah salah satu metode yang dipakai untuk mencetak material komposit berbahan serat dengan cara memberikan tekanan ke cetakan pada proses pembentukannya (Yogatama et al., 2019). Metode ini memanfaatkan sistem pemanas dalam proses mencetak produk (Ridlwan et al., 2022). Salah satu produk komposit yang menggunakan metode compression molding adalah serat karbon. Untuk temperatur yang dibutuhkan didapatkan dari penelitian (Putra & Nugroho, 2021) bahwa temperatur optimum pada pembentukan komposit menggunakan metode compression molding adalah 80-140 derajat celcius. Sehingga ditentukan untuk output panas yang dapat dihasilkan pada modifikasi alat yaitu hingga suhu 180 derajat celcius.

Mesin press yang terintegrasi pemanas biasanya memiliki harga yang relatif mahal yaitu mulai dari 80 juta – 100 jutaan rupiah seperti yang ditunjukkan pada gambar 1-1 di bawah.



Gambar 1- 1 Mesin press yang terintergasi pemanas

Sedangkan mesin *press* tanpa terintegrasi pemanas mempunyai harga yang relatif lebih murah yaitu mulai dari 6 juta – 7 jutaan rupiah seperti ditunjukkan pada gambar 1-2 di bawah.



Gambar 1- 2 Mesin press tidak terintegrasi pemanas

Oleh karena itu tujuan dari perancangan ini adalah dapat memodifikasi alat press dengan penambahan kontrol pemanas dengan harga yang terjangkau. Suhu yang ditentukan dari kebutuhan *compression molding* yaitu 180 derajat celcius. Hasil modifikasi alat dapat digunakan sebagai alat pendukung pembuatan produk komposit menggunakan metode compression molding pada Lab Teknik Mesin UII.

1.2 Rumusan Masalah

Terdapat beberapa rumusan masalah pada proses modifikasi alat ini, yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana cara memodifikasi alat press konvensional untuk ditambahkan pengontrol suhu pemanas agar dapat membuat produk komposit dengan metode *compression molding*?
2. Bagaimana cara membuat modul pengontrol suhu untuk memanaskan cetakan pada proses compression molding?
3. Berapa jumlah pemanas listrik yang dibutuhkan agar suhu mencapai 180 derajat celcius dengan waktu kurang dari 30 menit?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam modifikasi alat ini yaitu sebagai berikut :

1. Menggunakan alat press yang tersedia di Lab Teknik Mesin UII
2. Modul pengontrol suhu menggunakan PID Rex C-100
3. Menggunakan alat press hidrolik manual
4. *Upper plate* dan *bottom plate* menggunakan material alumunium 5052
5. Menggunakan elemen pemanas listrik jenis *catridge* dan PTC

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan dari modifikasi alat ini yaitu sebagai berikut :

1. Memodifikasi alat press konvensional menjadi alat *hot press* dengan penambahan pengontrol suhu dan elemen pemanas yang dapat memanaskan plat hingga suhu 180 derajat celcius dengan waktu kurang dari 30 menit
2. Mengetahui jumlah elemen pemanas yang dibutuhkan untuk memanaskan plat pada *upper plate* dan *bottom plate*

3. Alat hasil modifikasi dapat digunakan sebagai alat bantu untuk membuat produk komposit menggunakan metode compression molding di Lab Teknik Mesin UII

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari modifikasi ini yaitu alat ini diharapkan dapat digunakan sebagai alat bantu pada Lab Teknik Mesin UII untuk pembuatan produk komposit dengan menggunakan metode *compression molding.*

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini disusun secara berurutan untuk mempermudah dalam pembahasan. Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai kajian pustaka, dasar teori, dan sitasi yang digunakan untuk Tugas Akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai metodologi penelitian, berisi langkah-langkah dan metode yang digunakan pada perancangan ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini meliputi hasil dari pembahasan berdasarkan rancangan yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan untuk dapat dikembangkan selanjutnya agar menjadi lebih baik.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Modifikasi mesin *press* dengan penambahan kontrol pemanas sudah banyak dilakukan. Pada penelitian dari (Firdaus et al., 2022) komponen penting yang digunakan dalam perancangan alat *hot press* adalah dongkrak hidrolik, modul PID Rex c-100, pemanas listrik, dan plat. Penelitian ini membantu untuk mengetahui apa saja komponen penting untuk memodifikasi mesin *press* dengan penambahan kontrol suhu. Pada penelitian dari (Nakula & Sakti, 2013) yang membuat alat *hot press* dengan menggunakan mesin pres pneumatik, adapun keunggulannya adalah waktu pengepresan bisa lebih cepat dan lebih minim campur tangan manusia. Namun dibalik keunggulannya terdapat kekurangan yaitu daya tekan yang kecil. Untuk itu pada penelitian ini menggunakan alat press hidrolik agar daya tekannya dapat lebih besar. Mesin *hot press* ini merupakan bagian penting dari industri manufaktur yang biasa digunakan untuk produksi massal beberapa komponen seperti suku cadang kendaraan, produk komposit, dan peralatan rumah tangga.

Salah satu kegunaan alat *hot press* dalam dunia industri yaitu pembuatan produk komposit. Komposit terdiri dari matrik pengikat dan penguat dan bahan tambahan lainnya. Penggabungan beberapa material tersebut menjadi material baru dengan sifat yang lebih baik dari material pembentuknya dipengaruhi oleh faktor suhu, waktu, dan tekanan pengepresan (Junaidi, 2020). Untuk itu penggunaan alat *hot press* yang digunakan untuk membuat produk komposit harus memenuhi ketiga faktor tersebut.

Dalam penelitian ini suhu panas alat akan ditingkatkan, komponen penekan semurah mungkin tetapi kemampuan penekanan tinggi. Elemen pemanas yang digunakan dengan daya tidak terlalu besar tetapi suhu yang dihasilkan tinggi dan waktu pemanasan lebih cepat.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Mesin Press

Mesin *press* adalah alat yang mengeluarkan tekanan. Alat ini sering digunakan dalam industri untuk pengerjaan pada benda logam menjadi berbagai bentuk melalui operasi seperti *forming, bending dan shearing* (Syaukani et al., 2021). Mesin *press* konvensional terdapat 2 jenis, yaitu menggunakan prinsip hidrolik dan pneumatik untuk menghasilkan tekanan beban mekanis.

Mesin *press* hidrolik konvensional yaitu yang menggunakan kekuatan udara dan cairan atau fluida berupa oli hidrolik untuk melakukan penekanan (Alfirdaus et al., 2023). Keunggulan dari mesin *press* hidrolik ini adalah perawatannya yang mudah dan lebih awet, kekuatan penekanan sangat besar, dan tidak membutuhkan listrik. Mesin press hidrolik ditunjukkan pada gambar 2-1 di bawah ini.



Gambar 2- 1 Mesin press hidrolik

Sedangkan untuk *press* pneumatik yaitu sistem penggerak yang memanfaatkan udara bertekanan untuk melakukan penekanan (Indriyanto et al., 2018). Sistem gerak yang bisa dilakukan oleh aktuator pneumatik adalah gaya dorong dan gaya tarik. Keunggulan dari sistem pneumatik ini yaitu kontrol cepat dan respon cepat, sehingga dapat mencapai tekanan dengan waktu singkat. Kekurangan dari sistem ini yaitu daya tekannya tidak terlalu besar, perawatannya yang rumit, dan dalam penggunaannya mengeluarkan suara yang bising

(Oktafiyanti, 2021). Mesin press pneumatik ditunjukkan pada gambar 2-2 di bawah ini.



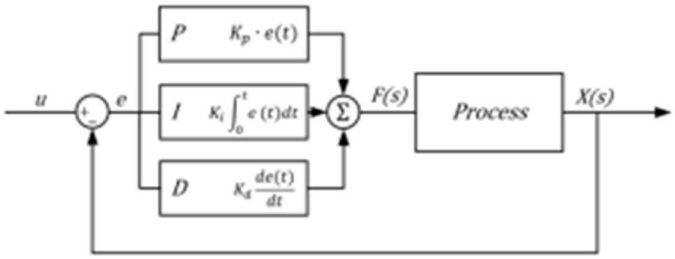
Gambar 2- 2 Mesin press pneumatik

2.2.2 PID Rex C-100

Sistem kontrol PID *(Proporsional Integral Derivative)* adalah salah satu jenis dari modul pengendalian sistem, kontrol ini menggabungkan beberapa elemen yaitu elemen *proportional*, elemen *integral* dan elemen *derivatif* (Wirda, n.d.). Kontrol *proporsional* mempunyai keunggulan respon yang cepat, kontrol integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* ,dan aksi kontrol *derivative* mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* atau meredam konsleting arus tinggi. (Juanda, 2009). Untuk itu agar dapat menghasilkan output dengan respon yang cepat dan *error* yang kecil yaitu dengan menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID. Sistem kontrol PID telah banyak digunakan dalam dunia industri. Proses awalnya dimulai dari pemberian nilai suhu yang diinginkan yang disebut *set point*. Setelah itu pengontrol akan memproses dengan membandingkan nilai suhu yang ada pada termokopel yang disebut nilai kesalahan. Setelah perbandingan, sebuah nilai kesalahan akan dihasilkan. Nilai kesalahan akan diproses oleh pengontrol PID dan menghasilkan sinyal ke aktuator, yang akan ditentukan bagaimana lama aktuator harus bekerja (Sumin & Olii, 2018). Modul PID Rex C-100 ditunjukkan pada gambar 2-3 dan diagram blok dari modul PID ditunjukkan pada gambar 2-4 di bawah ini.



Gambar 2- 3 PID Rex C-100



Gambar 2- 4 Diagram blok PID Rex C-100

(Sumin & Olii, 2018)

2.2.3 Pemanas Listrik

Pemanas listrik adalah elemen pemanas yang merubah energi listrik menjadi energi panas. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen hingga memanaskan resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen (Setiawan et al., 2020).

Ada 2 macam jenis utama pada elemen pemanas listrik ini yaitu :

1. Elemen pemanas listrik bentuk dasar yaitu elemen pemanas dimana kawat resistansi hanya dilapisi oleh isolator listrik, contoh elemen pemanas bentuk ini adalah : *Ceramik Heater,Black Body Ceramik Heater*. Gambar 2-5 adalah contoh dari *ceramic heater*



Gambar 2- 5 *Ceramic heater*

2. Elemen pemanas listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuain terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah *mild stell, stainless steel,* tembaga dan kuningan. Contoh dalam jenis ini adalah: *Tubular Heater, Catridge Heater, Band Heater, Nozzle & Stripe Heater*. Gambar 2-6 adalah contoh *catridge heater.*



Gambar 2- 6 *Catridge heater*

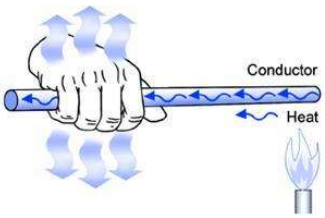
2.2.4 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari tentang laju perpindahan panas diantara material/benda karena adanya perbedaan suhu. Perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan suhu. Panas akan mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke suhu yang lebih rendah (Sudharto, 2012). Perpindahan panas sangat banyak ditemui dalam industri, seperti menghitung berapa kebutuhan panas yang dibutuhkan, lama waktu untuk memanaskan material, hingga pembuangan panas pada sebuah pembangkit.

Perpindahan panas memiliki tiga mekanisme, yaitu

1. Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, tetapi media untuk perpindahan panas tetap. Proses konduksi dapat terjadi pada media padat, cair dan gas. Pada gambar 2-7 adalah contoh perpindahan panas konduksi



Gambar 2- 7 Konduksi

2. Konveksi

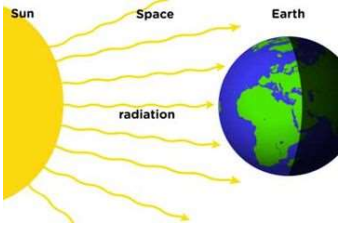
Konveksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi pada media cair dan gas yang suhunya tinggi mengalir ke tempat yang suhunya lebih rendah, memberikan panas pada permukaan yang suhunya lebih rendah. Pada gambar 2-8 adalah contoh perpindahan panas konveksi.



Gambar 2- 8 Konveksi

3. Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/sinaran gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media, sehingga perpindahan panas dapat berlangsung dalam ruangan hampa udara. Contohnya yaitu sinar matahari yang sampai ke bumi. Pada gambar 2-9 contoh perpindahan panas radiasi.



Gambar 2- 9 Radiasi

Persamaan perpindahan panas/kalor yaitu

$$Q = m.c.\Delta T \quad \text{.....(1)}$$

dimana, Q = kalor (J)
m = massa (Kg)
c = maasa kalor jenis (J/kg°C)
ΔT = selisih suhu

Sedangkan untuk mencari waktu perpindahan kalor digunakan persamaan hubungan antara energi listrik dan energi kalor yaitu

$$W = Q \quad \text{.....(2)}$$

$$W = P \times t \quad \text{.....(3)}$$

$$P \times t = m \times c \times \Delta t \quad \text{.....(4)}$$

dimana, W = energi listrik (Joule)
P = daya (watt)
t = waktu (s)
Q = kalor (Joule)
m = massa (Kg)
c = massa kalor jenis (J/kg°C)
ΔT = selisih suhu

2.2.5 Sensor suhu *Thermocouple*

Termokopel *(Thermocouple)* adalah sensor suhu yang mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan (Wendri et al., 2012). Sama halnya dengan sensor pada umumnya yang dapat digunakan sebagai input pada sebuah

sistem kendali, sensor termokopel selain dapat membaca perubahan suhu juga dapat berperan sebagai input analog pada sebuah modul. Termokopel adalah salah satu sensor yang paling banyak digunakan untuk mengukur suhu dalam pemesinan. Termokopel bersifat konduktif, murah, dapat dioperasikan pada suhu yang jangkauannya luas dan dapat dengan mudah diterapkan (Kus et al., 2015).

Kelebihan dari termokopel ini adalah responnya yang cepat terhadap perubahaan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200˚C hingga 2000˚C. Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, termokopel juga tahan terhadap goncangan/getaran dan mudah digunakan.

Prinsip kerja termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. Berikut ini adalah jenis-jenis atau tipe termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional.

1. Termokopel Tipe E

Bahan logam konduktor positif : *Nickel-Chromium*. Bahan logam konduktor negatif : *Constantan.* Rentang suhu : -200˚C – 900˚C. Termokopel type E ditunjukkan pada gambar 2-10 di bawah ini.



Gambar 2- 10 Termokopel type E

2. Termokopel Tipe J

Bahan logam konduktor positif : *Iron* (Besi). Bahan logam konduktor negatif : *Constantan.* Rentang suhu : 0˚C – 750˚C. Termokopel type J ditunjukkan pada gambar 2-11 di bawah ini.



Gambar 2- 11 Termokopel type J

3. Termokopel Tipe K

Bahan logam konduktor Positif : *Nickel-Chromium*. Bahan logam konduktor negatif : Nikel-Aluminium. Rentang suhu : -200˚C – 1250˚C. Termokopel type K ditunjukkan pada gambar 2-12 di bawah ini.

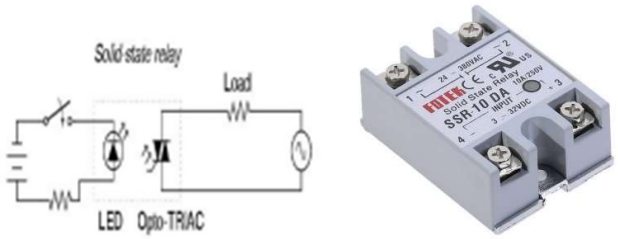


Gambar 2- 12 Termokopel type K
Https/: teknikelektronika.com

2.2.6 Relay SSR

Relay SSR atau *Solid State Relay* sama dengan relay pada umumnya yaitu sebagai saklar elektronik yang dapat menyambung dan memutus aliran listrik dengan cara elektrik. Perbedaannya yaitu pada SSR tidak terdapat bagian mekanikal atau bagian yang bergerak. Relay ini biasa digunakan atau diaplikasikan

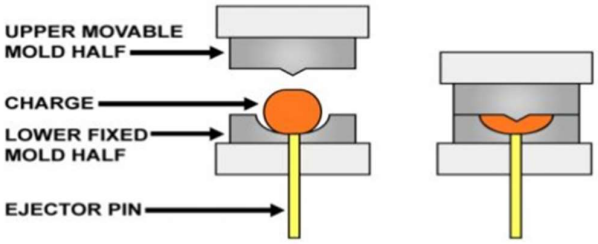
di industri-industri sebagai alat pengendali (Eko Kustiawan, 2018). Keunggulan dari SSR ini yaitu relay ini tidak mempunyai bagian yang bergerak sehingga tidak menyebabkan aus. Relay ini juga mampu menyambungkan dan memutus dengan waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan relay elektromekanik. Relay ini juga tidak membutuhkan banyak daya untuk menghidupkannya. Relay SSR dan simbol rangkaiannya ditunjukkan pada gambar 2-13 di bawah ini.



Gambar 2- 13 Relay SSR dan simbol rangkaiannya

2.2.7 Compression Molding

Compression molding adalah salah satu metode yang dipakai untuk mencetak material komposit berpenguat serat dengan cara memberikan tekanan ke cetakan pada proses pembentukannya (Yogatama et al., 2019). Metode ini memanfaatkan sistem pemanas dalam proses mencetak produk (Ridlwan, 2022). Peralatan yang digunakan dalam melakukan proses *compression molding* yaitu memanfaatkan sistem hidrolik untuk mencapai tekanan yang konstan (Shamsuri, 2015). Keunggulan yang dimiliki oleh metode ini ialah mampu menjaga ketebalan produk yang presisi, proses dalam mencetak produk dengan metode ini relatif sederhana. Namun metode ini juga memiliki beberapa kekurangan seperti tidak cocok untuk mencetak komponen dengan desain yang kompleks, pada proses pembuatan menghasilkan sisa bahan yang tidak terpakai, waktu proses mencetak lama, dikarenakan terdapat proses curing (Rubber, 2014). Dalam proses *compression molding* cetakan yang digunakan terbagi menjadi dua bagian yaitu cavity dan core, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-14.



Gambar 2- 14 *Compression molding*

2.2.8 Alumunium

Aluminium merupakan salah satu material yang tergolong kedalam golongan logam dengan bobot yang ringan, namun demikian material ini memiliki kelebihan yang mana mampu menahan korosi, harga yang murah, konduktor panas yang baik, dan mampu menahan oksidasi. Material ini memiliki ke beberapa kelas di dalamnya diantaranya aluminium grade 4xxx hingga 7xxx, pada kelas tersebut juga terdapat beberapa indikator pada nomor serinya untuk menandakan kandungan dan keunggulan setiap serinya (Suratman, 2001), seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-15 di bawah ini.

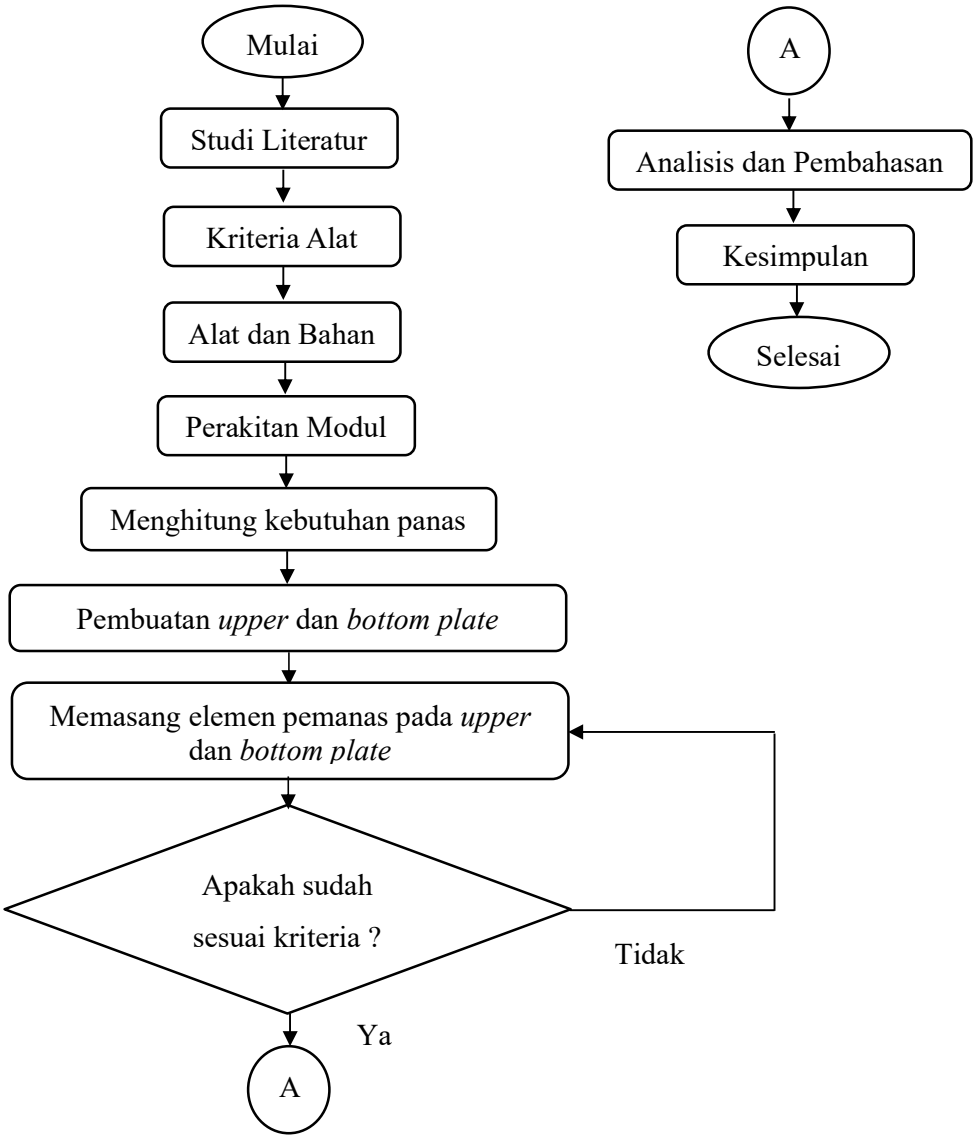


Gambar 2- 15 Alumunium

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Pada penelitian terdapat alur penelitian yang dibuat sebagai acuan dalam proses penelitian. Alur penelitian pada proses pembuatan tugas akhir ditunjukkan pada gambar 3-1 di bawah ini.



Gambar 3- 1 Diagram alur penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama proses modifikasi mesin press dengan penambahan kontrol pemanas yang dibutuhkan. Pada Tabel 3-1 merupakan alat yang digunakan saat proses modifikasi alat press dan Tabel 3-2 adalah bahan-bahan yang digunakan selama proses modifikasi alat press.

Tabel 3- 1 Alat yang digunakan pada proses modifikasi

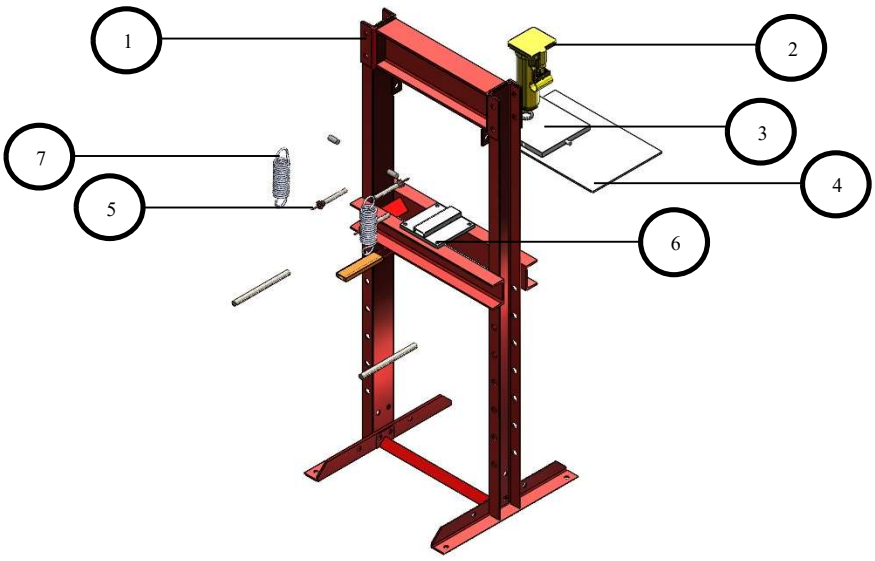
No	Alat	Fungsi
1	Mesin Press	Sebagai objek alat yang dimodifikasi dengan penambahan kontrol pemanas
2	Solder listrik	Untuk menyambungkan kabel
3	Gunting, pisau	Untuk mengelupas kulit kabel
4	Meteran	Untuk menghitung dimensi bahan
5	Gergaji tangan	Untuk pemotongan bahan plastik sebagai cover
6	Bore drill	Sebagai pembuat lubang di plat alumunium
7	Gerinda potong	Untuk memotong bahan plat alumunium
8	HP / Smartphone	Untuk mengambil foto dan vidio
9	Tang jepit	Untuk mengencangkan pin konektor
10	Ampere meter	Untuk mengecek kelistrikan

Tabel 3- 2 Bahan yang digunakan pada proses modifikasi

No	Bahan	Fungsi
1	PID Rex C-100	Sebagai modul pengontrol suhu
2	Relay SSR	Sebagai alat bantu untuk penstabilan modul
3	Sensor thermocouple	Sebagai pembaca suhu untuk modul
4	Pemanas listrik	Sebagai pemanas pada plat
5	Kabel	Sebagai penghantar kelistrikan pada modul, relay dan pemanas listrik
6	Pin konektor	Sebagai penghubung yang bisa di lepas pasang pada kabel

3.3 Desain Alat

Desain alat merupakan rancangan awal yang dilakukan sebelum melakukan proses modifikasi alat press. Hal ini bertujuan sebagai acuan pada saat proses modifikasi penambahan kontrol pemanas. Gambar 3-1 dan 3-2 merupakan desain awal untuk peletakan plat pemanas pada alat press.



Gambar 3- 2 Desain alat

Keterangan komponen-komponen pada desain alat hotpress dengan penambahan modul kontrol pemanas dijelaskan pada tabel 3-1 dibawah ini.

Tabel 3- 3 Keterangan desain alat

No	Nama	Keterangan
1	Rangka	Dimensi tinggi 150cm, lebar 50cm. Bahan rangka menggunakan plat unp
2	Dongkrak hidrolik	Dongkrak hidrolik manual dengan kekuatan tekan hingga 10 ton
3	Upper plate	Menggunakan material alumunium dengan ukuran 30cm x 18cm x 2cm dan memiliki berat 7 kg
4	Bottom plate	Menggunakan material alumunium dengan ukuran 45cm x 30cm x 0.5cm dan memiliki berat 3 kg

5	Pemanas catridge	Ukuran diameter 1cm dan panjang 10cm. Daya 300W 220V.
6	Pemanas PTC	Ukuran panjang 15cm dan lebar 15cm. Daya 200W 180V.
7	Spring	Sebagai pengait upper plate dan pendorong hidrolik agar naik.

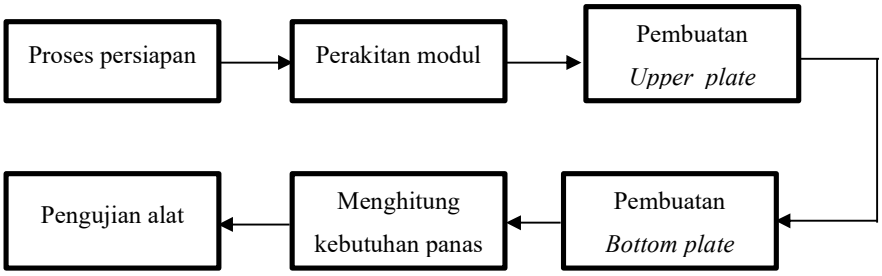
3.4 Kriteria Alat

Sebelum melakukan tahapan memodifikasi alat, tahapan yang dilakukan terlebih dahulu yaitu menentukan kriteria alat yang akan dihasilkan. Kriteria alat memiliki beberapa poin yang menjadi acuan dalam memodifikasi alat. Berikut ini poin-poin kriteria alat yang telah ditentukan.

1. Modul dapat menghasilkan suhu panas hingga 180°C dalam waktu kurang dari 30 menit

3.5 Proses Pembuatan Alat

Pada proses modifikasi alat terdapat tahapan-tahapan yang dilakukan, mulai dari proses persiapan hingga proses pengujian alat menggunakan cetakan. Berikut ini merupakan langkah – langkah pembuatan produk.



Gambar 3- 3 Proses pembuatan alat

- **Proses persiapan alat dan bahan**

Tahapan ini yaitu mempersiapkan apa saja alat dan bahan yang dibutuhkan pada saat memodifikasi alat ini. Alat dan bahan yang digunakan antara lain seperti alat press hidrolik, modul pengontrol suhu, pemanas listrik, dan sebagainya.

- **Perakitan modul**

Perakitan modul dimulai dengan menentukan modul pengontrol suhu sesuai suhu yang diinginkan, modul yang dipilih yaitu jenis PID Rex C-100, karena dapat mengatur suhu hingga 400 derajat celcius. Kemudian untuk mendukung kerja modul agar panas tetap stabil dan tidak merusak pemanas diperlukan relay SSR yang berfungsi mengaktifkan dan mematikan pemanas jika sudah mencapai suhu yang diinginkan. Untuk pembacaan suhu digunakan sensor suhu termokopel agar modul dapat membaca suhu aktual pada plat pemanas.

- **Pembuatan Upper Plate**

Pembuatan upper plate menggunakan bahan alumunium jenis 5052 dengan dimensi 30cm x 18cm x 2cm dan memiliki berat 7 kg. Pada tengah-tengah plat dilakukan pengeboran untuk membuat lubang yang fungsinya sebagai tempat pemanas listrik catridge. Pemilihan alumunium sebagai upper plate yaitu karena material alumunium sangat bagus menghantarkan panas sehingga panas dapat menyebar dengan baik ke seluruh bidang. Pemanas listrik pada upper plate berbentuk slinder dengan diameter 10 mm dan memiliki spesifikasi 300W 220V. Dengan maksimal suhu 300°C.

- **Pembuatan Bottom Plate**

Pembuatan bottom plate menggunakan bahan alumunium jenis 5052 dengan dimensi 45cm x 26cm x 0.5cm dan memiliki berat 3 kg. Pemilihan alumunium sebagai upper plate yaitu karena material alumunium sangat bagus menghantarkan panas sehingga panas dapat menyebar dengan baik ke seluruh bidang. Peletakan pemanas pada bottom plate yaitu di bagian bawah dan pas ditengah plat. Menggunakan lem besi sebagai perekat agar pemanas tidak bergerak. Pemanas listrik yang digunakan yaitu jenis PTC dengan ukuran 10cm x 10cm. Dengan daya 200W 220V dan maksimal suhu 200°C.

- **Menghitung kebutuhan panas**

Pada saat menghitung kebutuhan panas untuk dapat memanaskan alumunium menggunakan pemanas listrik, maka digunakan rumus perpindahan kalor, yaitu

$$Q = m.c.\Delta T \quad \text{.....(5)}$$

dimana, Q = kalor (J)
m = massa (kg)
c = massa kalor jenis (J/kg°C)
ΔT = selisih suhu (°C)

Selanjutnya untuk menentukan waktu pemanasan alumunium hingga mencapai suhu 180°C dapat dicari menggunakan persamaan hubungan antara energi listrik dan energi kalor, yaitu

$$W = Q \quad \text{.....(6)}$$

Dari persamaan diatas dapat diturunkan menjadi

$$W = P \times t \quad \text{.....(7)}$$

Sehingga persamaan untuk menentukan waktu pemanasan dapat ditulis menjadi persamaan berikut

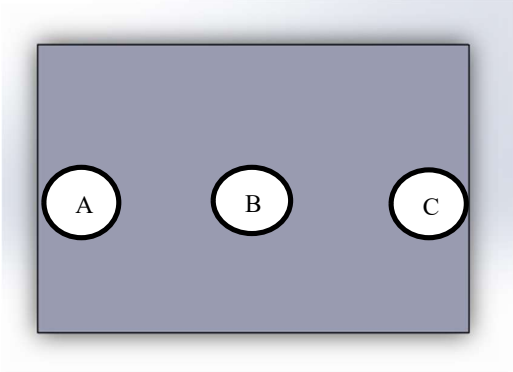
$$P \times t = m \times c \times \Delta t \quad \text{.....(8)}$$

dimana, P = daya (watt)
t = waktu (s)
Q = kalor (J)
m = massa (Kg)
c = maasa kalor jenis (J/kg°C)
ΔT = selisih suhu
W = energi listrik (Joule)

3.6 Proses Pengujian Alat

Setelah modul, *upper plate*, dan *bottom plate* selesai dibuat, selanjutnya dilakukan pengujian panas pada *upper* dan *bottom plate*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian suhu antara modul dan pemanas listrik yang dibaca oleh sensor termokopel sudah akurat sesuai suhu aktualnya. Pengujian panas ini

menggunakan alat bantu *heat gun* dan posisi pengujian dilakukan pada 3 titik di setiap plat. Pada gambar 3-4 merupakan titik-titik yang dilakukan pengujian.



Gambar 3- 4 Titik-titik yang dilakukan pengujian panas

Gambar 3-5 merupakan proses pengujian panas pada *upper plate* dan gambar 3-6 merupakan proses pengujian panas pada *bottom plate.*



Gambar 3- 5 Proses pengujian *upper plate*

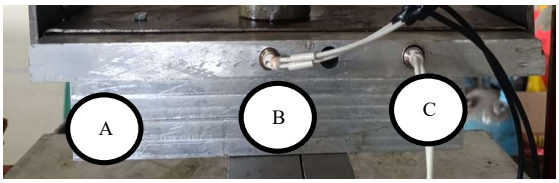


Gambar 3- 6 Proses pengujian *bottom plate*

Selanjutnya dilakukan pengujian target suhu dan waktu pemanasan untuk mengetahui apakah pemanas dapat memanaskan alumunium hingga 180 derajat celcius dengan waktu kurang dari 30 menit. Pada pengujian ini digunakan alat bantu stopwatch sebagai penghitung waktu.

3.7 Pengujian Menggunakan Cetakan

Pengujian menggunakan cetakan dilakukan agar mengetahui berapa selisih suhu pada cetakan dan plat. Pengujian panas pada cetakan menggunakan alat bantu heat gun. Posisi pengujian ditembakkan pada titik A, B, dan C pada cetakan. Pada gambar 3-7 merupakan titik-titik melakukan pengujian.



Gambar 3- 7 Titik-titik dilakukan pengujian

Gambar 3-8 merupakan proses pengujian panas yang didapatkan pada cetakan.



Gambar 3- 8 Proses pengujian cetakan

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perakitan Modul

Perakitan modul dimulai dengan menentukan modul pengontrol suhu sesuai suhu yang diinginkan, modul yang dipilih yaitu jenis PID Rex C-100, karena dapat mengatur suhu hingga 400 derajat celcius. Kemudian untuk mendukung kerja modul agar panas tetap stabil dan tidak merusak pemanas listrik diperlukan relay SSR yang berfungsi mengaktifkan dan mematikan pemanas jika sudah mencapai suhu yang diinginkan. Untuk pembacaan suhu digunakan sensor suhu termokopel agar modul dapat membaca suhu aktual pada plat pemanas. Perakitan modul ditunjukkan pada gambar 4-1 di bawah.



Gambar 4- 1 Proses perakitan

Setelah melakukan perakitan, modul PID Rex C-100, Relay SSR, sensor suhu termokopel, dan pemanas listrik dapat berfungsi sesuai kriteria alat, yaitu dapat mengeluarkan panas pada upper plate dan bottom plate hingga suhu 180 derajat celcius. Pengaturan set temperatur pada modul dilakukan dengan menekan panah keatas untuk menaikkan suhu dan menekan panah kebawah untuk menurunkan suhu. Jika suhu sudah mencapai set yang diinginkan maka modul dengan otomatis akan mematikan arus listrik yang terhubung ke pemanas. Dan jika suhu kurang dari set suhu yang diinginkan maka modul otomatis akan menghidupkan kembali arus listrik yang terhubung ke pemanas. Sehingga panas pada upper plate dan bottom plate tetap stabil. Untuk toleransi pembacaan suhu

pada modul ini yaitu 2-4 derajat celcius. Modul juga ditambahkan cover agar terlihat lebih rapi. Modul ditunjukkan pada gambar 4-2 di bawah ini.



Gambar 4- 2 Modul kontrol pemanas

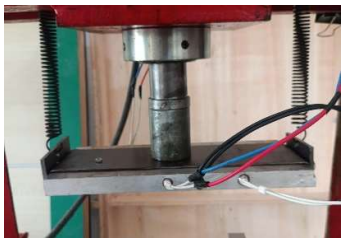
4.2 Pembuatan *Upper Plate*

Pembuatan *upper plate* menggunakan bahan alumunium jenis 5052 dengan dimensi 30cm x 18cm x 2cm dan memiliki berat 7 kg. Penggunaan material alumunium pada upper plate ini yaitu dikarenakan material alumunium sebagai bahan konduktor sehingga cepat menghantarkan panas. Dimensi *upper plate* disesuaikan dengan dimensi cetakan yang akan digunakan untuk proses *compression molding*. Pada *upper plate* menggunakan 3 buah pemanas listrik catridge. Pada tengah-tengah plat dilakukan pengeboran membuat lubang untuk dimasukkan pemanas listrik *catridge*. Pemanas listrik pada *upper plate* berbentuk slinder dengan diameter 10 mm dan memiliki spesifikasi 300W 220V. Dengan maksimal suhu 300°C. Proses pengeboran plat ditunjukkan pada gambar 4-3 di bawah ini.



Gambar 4- 3 Proses pengeboran

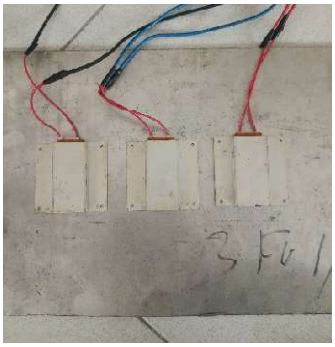
Setelah lubang pada *upper plate* sudah dibuat, maka pemanas listrik dimasukkan ke dalam plat agar pemanas dapat memanaskan plat dengan merata keseluruh bagian. Pada upper plate menggunakan 3 buah pemanas listrik *catridge.* Penggunaan 3 buah pemanas listrik dipilih agar dapat memanaskan plat hingga suhu 180 derajat celcius dalam waktu kurang dari 30 menit. Hasil *upper plate* ditunjukkan pada gambar 4-4 di bawah ini.



Gambar 4- 4 Hasil *upper plate*

4.3 Pembuatan *Bottom Plate*

Pada *bottom plate* menggunakan material alumunium jenis 5052 dengan dimensi 45cm x 30cm x 0.5cm dan memiliki berat 3 kg. Penggunaan material alumunium pada *bottom plate* ini yaitu dikarenakan material alumunium sebagai bahan konduktor sehingga cepat menghantarkan panas. Dimensi *bottom plate* disesuaikan dengan dimensi rangka pada alat press dan biaya modifikasi alat tidak terlalu mahal. Pada *bottom plate* menggunakan 3 buah pemanas listrik jenis PTC. Pemanas pada *bottom plat*e diletakkan pada bagian bawah plat menggunakan lem besi. Daya pada pemanas PTC yaitu 200W 220V. Proses pembuatan *bottom plate* ditunjukkan pada gambar 4-5 di bawah ini.



Gambar 4- 5 Proses pembuatan *bottom plate*

Penggunaan 3 buah pemanas listrik dipilih agar dapat pemanas dapat memanaskan plat dengan merata hingga suhu 180 derajat celcius dalam waktu kurang dari 30 menit. Hasil *Bottom plate* ditunjukkan pada gambar 4-6 di bawah ini.



Gambar 4- 6 Hasil *bottom plate*

4.4 Perhitungan Panas Pada *Upper Plate*

Diketahui data yang sudah didapatkan yaitu massa plat yaitu 7 kg, massa kalor jenis alumunium yaitu 900 J/kg°C , dan selisih suhu pada plat yaitu 155 °C . Maka panas yang diperlukan pada *upper plate* untuk memanaskan plat alumunium hingga mencapai suhu 180 derajat celcius dengan menggunakan rumus

$$Q = m.c.\Delta T \quad \text{.....(9)}$$

Dimana, Q = kalor (J)

m = massa (Kg)

= 7 kg

c = massa kalor jenis (J/kg°C)

= 900 J/kg°C

ΔT = selisih suhu (°C)

= 155°C

Maka, $Q = m.c.\Delta T$

$Q = 7 \times 900 \times 155$

$Q = 976.500$ J

Sehingga diperoleh hasil 976.500 Joule untuk pemanasan alumunium hingga mencapai suhu 180°C.

Selanjutnya mencari waktu pemanasan pada plat dari suhu ruangan hingga suhu 180°C. Diketahui daya pada pemanas listrik yaitu 300 W. Maka dapat dicari menggunakan rumus hubungan antara energi listrik dan energi kalor, yaitu

$$P \times t = m \times c \times \Delta t \quad \text{.....(10)}$$

Dimana, P = daya (watt)
= 300 watt
t = waktu (s)
Q = kalor (J)
= 976.500 J
m = massa (Kg)
= 7 kg
c = massa kalor jenis (J/kg°C)
= 900 J/kg°C
ΔT = selisih suhu
= 155°C

Maka, $P \times t = m \times c \times \Delta t$

$300 \times t = 7 \times 900 \times 155$

$t = \frac{7 \times 900 \times 155}{300}$

t = 3.255 sekon

t = 54,25 menit

Sehingga diperoleh hasil 54,25 menit untuk pemanasan alumunium dari suhu ruangan menjadi suhu 180°C. Dari perhitungan diatas, maka pemanas listrik yang dibutuhkan harus lebih dari satu agar plat dapat panas hingga 180 derajat celcius dalam waktu kurang dari 30 menit.

Pada percobaan pertama digunakan 2 buah pemanas listrik berbentuk *catridge* pada upper plate. Hasil dari percobaan pertama ini didapatkan hasil waktu 39 menit, yang mana belum sesuai keriteria alat. Penyebab dari hasil waktu yang didapat dikarenakan perhitungan jumlah elemen pemanas pada plat tidak sesuai. Penyebab lainnya elemen pemanas yang tidak mengeluarkan panas dengan maksimal. Selanjutnya pada percobaan kedua digunakan 3 buah pemanas listrik dan didapatkan hasil waktu 24 menit. Sehingga ditentukan penggunaan pemanas listrik pada upper plate berjumlah 3 buah.

4.5 Perhitungan Panas Pada *Bottom Plate*

Diketahui data yang sudah didapatkan yaitu massa plat yaitu 3 kg, massa kalor jenis alumunium yaitu 900 J/kg°C , dan selisih suhu pada plat yaitu 155 °C . Maka panas yang diperlukan pada *upper plate* untuk memanaskan plat alumunium hingga mencapai suhu 180 derajat celcius dengan menggunakan rumus

$$Q = m.c.\Delta T \quad .....(11)$$

Dimana, Q = kalor (J)
m = massa (Kg)
= 3 kg
c = massa kalor jenis (J/kg°C)
= 900 J/kg°C
ΔT = selisih suhu (°C)
= 155°C

Maka, $Q = m.c.\Delta T$
$Q = 3 \times 900 \times 155$
$Q = 418.500$ J

Sehingga diperoleh hasil 418.500 Joule untuk pemanasan alumunium hingga mencapai suhu 180°C.

Selanjutnya mencari waktu pemanasan pada plat dari suhu ruangan hingga suhu 180°C. Diketahui daya pada pemanas listrik yaitu 200 W. Maka dapat dicari menggunakan rumus hubungan antara energi listrik dan energi kalor, yaitu

$$P \times t = m \times c \times \Delta t \quad .....(12)$$

Dimana, P = daya (watt)
= 200 watt
t = waktu (s)
Q = kalor (J)
= 418.500 J
m = massa (Kg)
= 3 kg
c = massa kalor jenis (J/kg°C)

= 900 J/kg°C

ΔT = selisih suhu

= 155°C

Maka, P x t = m x c x Δt

200 x t = x 900 x 155

$t = \frac{3 \times 900 \times 155}{200}$

t = 2.092,5 sekon

t = 34,875 menit

Sehingga diperoleh hasil 54,25 menit untuk pemanasan alumunium dari suhu ruangan menjadi suhu 180°C. Dari perhitungan diatas, maka pemanas listrik yang dibutuhkan harus lebih dari satu agar plat dapat panas hingga 180 derajat celcius dalam waktu kurang dari 30 menit.

Pada percobaan pertama digunakan 2 buah pemanas listrik berbentuk persegi pada bottom plate. Hasil dari percobaan pertama ini didapatkan hasil waktu 26 menit, yang mana sudah sesuai keriteria alat. Tetapi kendala yang ditemukan yaitu panas tidak merata menyebar hingga bagian pinggir plat hanya berpusat pada tengah plat. Selanjutnya pada percobaan kedua digunakan 3 buah pemanas listrik dan didapatkan hasil waktu lebih cepat yaitu 20 menit dan panas sudah menyebar merata hingga bagian pinggir plat. Sehingga ditentukan penggunaan pemanas listrik pada bottom plate berjumlah 3 buah.

4.6 Pengujian panas

Dari hasil pengujian panas yang telah dilakukan pada plat atas dan plat bawah, didapatkan data pengujian yang ditampilkan pada tabel 4-1.

Tabel 4- 1 Hasil pengujian panas pada plat

Plat	Suhu (°C)		
	A	B	C
Atas	178,7	181,4	179,3
Bawah	181,4	184,8	182,6

Pada tabel 4-1 dapat dilihat bahwa upper plate dan bottom plate tidak menghasilkan panas yang sama. Terdapat selisih 1-5 derajat celcius pada masing-masing bagian plat. Hal ini dikarenakan dimensi plat berbeda dan pemanas listrik yang digunakan pada masin-masing plat juga berbeda. Pada tabel juga dapat dilihat bahwa panas tertinngi ditunjukkan pada titik B yang dimana berada pada tengah plat. Sedangkan pada titik A dan C terletak pada bagian pinggir plat sehingga panas pada plat lebih sedikit menyebar ke bagian pinggir. Pada hasil pengujian didapatkan untuk waktu pemanasan dari suhu ruangan ke suhu 180 derajat celcius dibutuhkan waktu 24 menit. Hasil ini sesuai dengan kriteria alat yang mana dapat menghasilkan panas hingga suhu 180 derajat celcius dalam waktu kurang dari 30 menit.

4.7 Pengujian panas menggunakan cetakan

Dari hasil pengujian panas yang telah dilakukan pada cetakan, didapatkan data pengujian yang ditampilkan pada tabel 4-2.

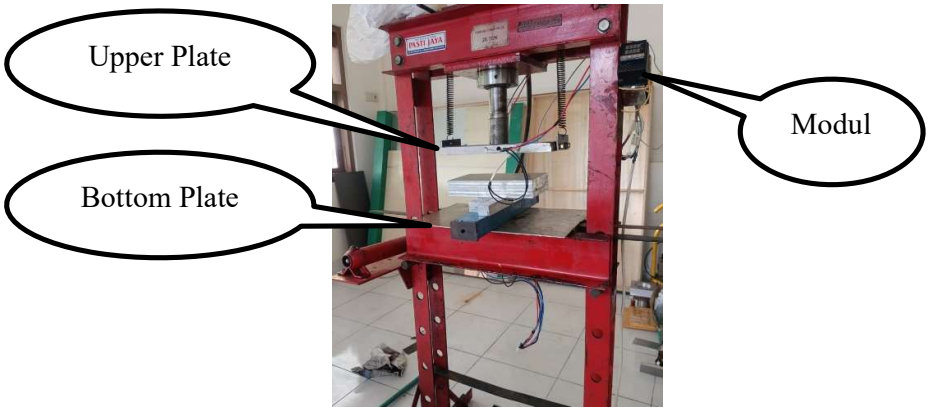
Tabel 4- 2 Hasil pengujian pada cetakan

Cetakan	Suhu (°C)		
	A	B	C
	148,4	152,9	148,5

Pada tabel 4-2 dapat dilihat hasil setelah dilakukan pengujian saat plat pemanas di setting suhu 180 derajat celcius, suhu tertinggi pada cetakan yaitu 153 derajat celcius. Suhu tertinggi terdapat pada bagian tengah cetakan dan pada bagian pinggir cetakan suhunya berkurang. Hal ini dikarenakan pada *upper plate* dan *bottom plate* juga suhu tertinggi pada bagian tengah dan pada bagian pinggir suhunya berkurang dan berefek pada cetakan yang di press. Tetapi perbedaan suhu 1-5 derajat tidak berpengaruh besar untuk proses *compression molding*. Suhu pada cetakan juga masih cukup tinggi untuk pembuatan produk komposit dengan menggunakan metode *compression molding* seperti tujuan modifikasi alat ini.

4.8 Hasil akhir modifikasi alat press

Setelah semua pengujian dilakukan dan hasil pengujian telah didapat sesuai dengan kriteria alat yang diinginkan maka modifikasi alat press dengan penambahan kontrol pemanas sudah selesai. Dapat ditunjukkan pada gambar 4-6 di bawah ini



Gambar 4- 7 Hasil akhir alat press

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat diambil yaitu :

1. Telah berhasil memodifikasi alat press konvensional dengan penambahan kontrol pemanas untuk pembuatan produk komposit menggunakan metode *compression molding*
2. Hasil dari pengujian yang dilakukan, pemanas dapat memanaskan plat alumunium untuk *upper plate* dengan suhu rata-rata 180,3 derajat celcius dalam waktu 24 menit. Sedangkan pada *bottom plate* dapat memanaskan dengan suhu rata-rata 182,9 derajat celcius dalam waktu 26 menit.
3. Jumlah elemen pemanas listrik yang digunakan untuk memanaskan hingga suhu 180 derajat celcius dengan waktu kurang dari 30 menit untuk *upper plate* dan *bottom plate* masing- masing berjumlah 3 buah.
4. Alat *press* hidrolik yang dibuat dapat digunakan untuk membuat produk komposit melalui metode *compression molding.*

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk dapat menyempurnakan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan pada dongkrak hidrolik manual dapat dimodifikasi menjadi hidrolik motor agar proses penekanan lebih cepat dan tidak membutuhkan banyak tenaga manusia
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan penelitian untuk mengetahui berapa suhu yang dibutuhkan pada plat pemanas untuk menentukan suhu yang diinginkan pada cetakan.

DAFTAR PUSTAKA

Alfirdaus, A. A. M., Ashari, F., & Maghfiroh, A. M. (2023). Perancangan Alat Press Hidrolik Material Komposit. *Jurnal Teknik Industri*, *26*(2), 11. http://univ45sby.ac.id/ejournal/index.php/industri/article/view/401%0Ahttps://univ45sby.ac.id/ejournal/index.php/industri/article/download/401/344

Eko Kustiawan. (2018). Meningkatkan Efisiensi Peralatan dengan Menggunakan Solid State Relay (SSR) dalam Pengaturan Suhu Pack Pre-Heating Oven (PHO) . *CIR Jurnal STT YUPPENTEK*, *9*(1), 1–6.

Firdaus, M., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., & Riau, U. I. (2022). *Perancangan mesin Hot Press Untuk Daur Ulang HDPE*. 1–52.

Firmanda, K., & Saputra, T. A. (2021). Analisis Gaya Dan Tekanan Sistem Hidrolik Pada Alat Pres Santan Kelapa. *Jurnal Voering*, *6*(1), 28–32.

Indriyanto, R. F., Kabib, M., & Winarso, R. (2018). Rancang Bangun Sistem Pengepresan Dengan Penggerak Pneumatik Pada Mesin Press Dan Potong Untuk Pembuatan Kantong Plastik Ukuran 400 X 550 Mm. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, *9*(2), 1053–1060. https://doi.org/10.24176/simet.v9i2.2538

Juanda, A. (2009). *Perancangan Self-Tuning PID*. 5–23. https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/365/jbptunikompp-gdl-anggajuand-18247-4-babii.pdf

Junaidi, J. (2020). Pengembangan Alat Kempa Panas (Hot Press) Penekanan Dongkrak Hidrolik untuk Pembuatan Papan Komposit ukuran 25 cm x 25 cm. *Jurnal Teknik Mesin*, *13*(1), 25–31. https://doi.org/10.30630/jtm.13.1.266

Kus, A., Isik, Y., Cemal Cakir, M., Coşkun, S., & Özdemir, K. (2015). Thermocouple and infrared sensor-based measurement of temperature distribution in metal cutting. *Sensors (Switzerland)*, *15*(1), 1274–1291. https://doi.org/10.3390/s150101274

Nakula, F. E., & Sakti, A. M. (2013). Rancang Bangun Mesin Cetak Hot Press Pneumatik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, *1*(2), 6–10.

Oktafiyanti, A. (2021). Keuntungan Dan Kerugian Alat Pneumatik. *Scribd*, 15–17. https://www.scribd.com/document/362924061/Keuntungan-Dan-Kerugian

Putra, M. I., & Nugroho, G. (2021). Pengaruh Curing Time Terhadap Sifat Mekanis Komposit Epoxy/Carbon Fiber dan Epoxy/ Glass Fiber dengan Metode Manufaktur Bladder Compression Moulding. *Journal of Mechanical Design and Testing*, *3*(1), 20. https://doi.org/10.22146/jmdt.57205

Ridlwan, H. . (2022). *MODIFIKASI MEKANISME EJECTINGPRODUK PADA DIES COMPRESSION MOLDING*. *8*(0), 1–23.

Rubber, M. (2014). *News & Blog Advantages and Disadvantages of Compression Moulding Compression Moulding : 44*(0).

Setiawan, H., Pramono, G. E., Yuliaji, D., Studi, P., Mesin, T., Ibn, U., & Bogor, K. (2020). *RANCANG BANGUN TUNGKU PEMANAS LISTRIK " MEKA " (Mesin UIKA) KAPASITAS 2800 WATT*. *2*(3), 130–137.

Shamsuri, A. A. (2015). Compression Moulding Technique for Manufacturing Biocomposite Products. *International Journal of Applied Science and Technology*, *5*(3), 23–26. https://www.researchgate.net/publication/362593262%0Ahttp://www.ijastnet.com/journals/Vol_5_No_3_June_2015/3.pdf

Sudharto. (2012). Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas Edisi Ketiga (terjemahan P. Arko). Erlangga, Jakarta. In *Erlangga, Jakarta* (pp. 1–71).

Sumin, R. A., & Olii, T. (2018). Automatic Hathing Machine With Capability Embrio Quality Detection of Eggs Using Regionprops and Binary Segmentation Method. *Prosiding Industrial Research Workshop and …*, 821–825. https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1155%0Ahttps://jurnal.polban.ac.id/index.php/proceeding/article/view/1155/949

Syaukani, M., Paundra, F., Qalbina, F., Dwi Arirohman, I., Yunesti, P., & Sabar. (2021). Desain dan Analisis Mesin Press Komposit Kapasitas 20 Ton. *Journal of Science, Technologi, and Social Culture* , *1*(1), 29–34.

Wardaya Kusuma Cakra. (2019). Rancang Bangun Dan Pengujian Mesin Briket Hidrolik Tekan Untuk Pembriketan Biomassa Tertorefaksi (Torrefied Biomasaa). *Skripsi*, 1–94.

Wendri, N., Wayan Supardi, I., Suarbawa, K. N., & Made Yuliantini, N. (2012). Alat Pencatat Temperatur Otomatis Menggunakan Termokopel Berbasis

Mikrokontroler At89S51. *Buletin Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana*, *13*(1), 29–33. www.wfunda.com/desingstandards/sensors/

Wirda, W. (n.d.). *Latar Belakang Kontrol Pid*. *0*, 1–9. https://eprints.uny.ac.id/67195/3/3. BAB 1.pdf

Yogatama, M. T., Prasetya, S., & Muslimin, M. (2019). Desain Sistem Pemanas Compression Molding untuk Biokomposit. *Seminar Nasional Teknik Mesin*, *9*(1), 59–67.