

**RANCANG & FABRIKASI ALAT PENGESELAN GESEK (*FRICTION
WELDING*) OTOMATIS DENGAN BERBASIS ARDUINO UNO**

(Skripsi)

Oleh

BAGAS ANDRIYANTO



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2019

ABSTRAK

RANCANG & FABRIKASI ALAT PENGESELAN GESEK (*FRICTION WELDING*) OTOMATIS DENGAN BERBASIS ARDUINO UNO

Oleh

BAGAS ANDRIYANTO

Pengelasan gesek merupakan pengelasan yang memanfaatkan energi panas yang muncul akibat adanya proses gesekan dari dua material yang akan disambung. Panas yang dihasilkan gesekan tersebut akan mengakibatkan material menjadi *semisolid* sehingga mudah deformasi. Pada penelitian sebelumnya proses penyambungan las gesek menggunakan cara manual, memanfaatkan *quill tailstock* untuk melakukan penekan. Kelemahannya tidak dapat mengatur kecepatan penekanan dan panjang langkah penekanan secara stabil. Maka oleh karena itu perlu adanya alat *friction welding* otomatis yang dapat membantu proses pengelasan gesek pada material magnesium. Tugas akhir ini menggunakan metode rancang, dan fabrikasi. Tahapan perancangan dilakukan adalah desain konsep, *embodiment* desain, dan detail desain. Rancangan terbagi dua yaitu rancangan struktur atau mekanik dan rancangan otomasi. Hasil perancangan struktur mekanik atau rangka yaitu kerangka baja L dengan dimensi 490 mm x 170 mm x 240 mm, poros berulir, poros penghubung ke chuck, kopling. Selanjutnya perancangan otomasi menggunakan motor listrik DC dengan *speed reducer* rasio 1:1, mikrokontroler, Arduino Uno, dan sensor *load cell* 50 kg. Alat *friction welding* otomatis mampu berjalan pada kecepatan putar dinamo 200 rpm. Setelah melakukan fabrikasi, selanjutnya dilakukan pengujian alat *friction welding*. Pada alat pengelasan gesek ini dalam pembuatannya tidak satu sumbu dengan cekam pada mesin bubut, maka perlu mengkalibrasi terlebih dahulu tinggi alat dengan mensejajarkan *chuck* alat dengan cekam yang pada mesin bubut. Pada sistem mekatronika yang ada pada alat *friction welding* otomatis hanya menggunakan satu kecepatan putar yaitu 200 rpm, motor listrik DC tidak dapat dikontrol pada putaran yang berbeda-beda sehingga berpengaruh pada penekanan saat proses pengelasan.

Kata kunci : pengelasan, las gesek, mikrokontroler, sensor *load cell*.

ABSTRACT**DESIGN AND FABRICATION OF AUTOMATIC FRICTION
WELDING ARDUINO UNO****BY****BAGAS ANDRIYANTO**

Friction welding is the welding of two materials which uses the friction process to generate the heat. The heat produced by the friction will cause the material to become semisolid so that it is easily deformed. In the previous study the process of connecting the friction welding using manual method, utilizing the quill tailstock to do pressure. weaknesses can not set the speed of pressure and the length of the stroke step is stable. Therefore, it is necessary to have an automatic friction welding that can help the friction welding process on magnesium material. This last project uses design and fabrication methods. The design stages are conceptual design, embodiment design, and design details. the design is dividing into two structural or mechanical design and automation design. Mechanical structure design results or order a steel fabric L dimensions 490 mm x 170 mm x 211 mm, threaded shaft, shaft connecting into chuck, clutch, coupling. the second phases, the automation design uses a DC electric motor with a 1: 1 speed reducer ratio, a microcontroller, Arduino Uno, and a censer load cell 50 kg. The friction welding automatic is capable of running at 200 rpm dynamo rotational speed. the third phases is make the fabrication, a friction welding device is then tested. In this friction welding automatic, in the manufacture there is not one axis with a chuck on the lathe, then it is necessary to first calibrate the height of the tool by aligning the tool chuck with the chuck on the lathe. In the mechatronic system that is on an automatic friction welding tool using only one rotating speed of 200 rpm, DC electric motors cannot be controlled at different turns so that it affects the pressure during the welding process.

Keyword : *welding, friction welding, microcontroller, load cell sensor*

**RANCANG & FABRIKASI ALAT PENGESELAN GESEK
(*FRICTION WELDING*) OTOMATIS DENGAN BERBASIS
ARDUINO UNO**

Oleh

BAGAS ANDRIYANTO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **RANCANG & FABRIKASI ALAT
PENGESELAN GESEK (*FRICTION
WELDING*) OTOMATIS DENGAN
BERBASIS ARDUINO UNO**

Nama Mahasiswa : **Bagas Andriyanto**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315021013

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

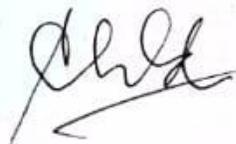
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



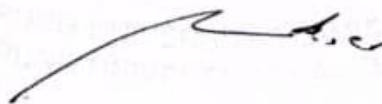
Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.
NIP 19640506 200003 1 001

Pembimbing II



Tarkono, S.T., M.T.
NIP 19700415 199802 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : **Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.**



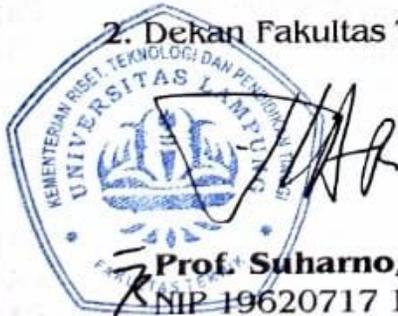
Anggota Penguji : **Tarkono, S.T., M.T.**



Penguji Utama : **Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **20 Februari 2019**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain. Karya tulis ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam Pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor N0. 3187/H26/DT/2010.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 15 Februari 2019



Bagas Andriyanto
NPM: 1315021013

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 06 Maret tahun 1995, sebagai anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Misdi dan Ibu Sri Handhayani. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak - Kanak di TK Istiqlal, Rajabasa Bandar Lampung pada tahun (2000 – 2001), kemudian dilanjutkan Sekolah Dasar di SD Negeri 3 Rajabasa Bandar Lampung pada tahun (2001 – 2007), kemudian dilanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 28 Bandar Lampung pada tahun (2007 – 2010), dan dilanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK 2 Mei Bandar Lampung pada tahun (2010 – 2013), Pada tahun 2013 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Strata-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi PMPAP.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti organisasi internal kampus, yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) dengan jabatan sebagai staff Divisi Olahraga pada periode 2015 – 2016. Penulis pernah melaksanakan Kerja Praktek di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Usaha Pematang Kiwah, Natar Lampung Selatan, pada bulan Januari 2016 – Februari 2016 dengan judul “*Prosedur Operasional Standar Penggilingan Karet Pada Mesin Crepper*”. Penulis juga pernah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Negara Aji Baru,

Kecamatan Anak Tuha, Kabupaten Lampung Tengah pada Januari – Februari 2017. Pada tahun 2018 penulis melakukan penelitian pada bidang Konsentrasi Produksi sebagai Tugas Akhir dengan judul “**Rancang & Fabrikasi Alat Pengelasan Gesek (Friction Welding) Otomatis Dengan Berbasis Arduino Uno**” di bawah bimbingan Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T. dan Bapak Tarkono S.T., M.T.

MOTTO

Dalam hidup ini tidak ada namanya kata gagal yang ada hanya tidak mau mencoba, dan apabila salah itu adalah pengalaman bukan ke gagalan

(Bagas Andriyanto)

Setiap melakukan suatu proses apapun di dunia ini libatkan Allah S.W.T karena bila dirimu lelah akan menjadi pahala dan berkah untuk-Mu

(Bagas Andriyanto)

Kunci sebuah kesuksesan adalah usaha, doa dan pantang menyerah sisanya serahkan semuanya hanya kepada pada Allah S.W.T

(Anonymus)

Hidup itu penuh warna, kenapa harus pilih yang bening

(Agustina Tri Wulandari)

KATA – KATA MUTIARA

Bila kamu tak tahan dengan lelahnya belajar maka kamu akan menanggung perihnya kebodohan.

(Imam Syafie)

BUATLAH DIRI ANDA SENYAMAN MUNGKIN DALAM KETIDAK NYAMANAN. JIKA ANDA SUDAH NYAMAN MAKA CARILAH MASALAH BARU (BUDIONO, S.Si, MT)

RASULULLAH SHALLAHU'ALAIHI WA SALLAM BERSABDA :

“BARANG SIAPA YANG MENYULITKAN (ORANG LAIN) MAKA ALLAH AKAN MEMPERSULIT PADA HARI KIAMAT”

(HR AL-BUKHARI NO 17152)

Jika enggan mengambil resiko, anda tak akan pernah kalah. Tapi tanpa berani menanggung resiko , anda tak akan pernah menang”

(richard nixon)

PERSEMBAHAN

**Bismillahirrahmanirrahim
Dengan rahmat Allah SWT.**

**Ku persembahkan karya ini
Kepada kedua orang tuaku tercinta**

MISDI

&

SRI HANDHAYANI

**Atas segala doa, pengorbanan yang tidak terbalaskan, dukungann,
keikhlasan dan kasih sayangnya.**

Adikku

Hani Fati Puspita Sari

Atas semua dukungan dan motivasinya

Serta

Teman – teman seperjuangan penulis

TEKNIK MESIN 2013

Almamater Tercinta

TEKNIK MESIN UNIVERSITAS LAMPUNG

SANWACANA

Assalamu 'alaikum Wr.Wb.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“Rancang Bangun Alat Pengeselasan Gesek (*Friction Welding*) Otomatis Dengan Berbasis Arduino Uno”**.

Shalawat serta salam selalu tercurah pada Nabi Muhammad SAW, sahabatnya serta pengikutnya semoga selalu menjadi suri tauladan yang baik untuk penulis.

Adapun dalam pelaksanaan dan penulisan laporan ini banyak pihak yang telah membantu, memberi motivasi, semangat, masukan, maupun doa sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya lah sehingga Tugas Akhir ini dapat terlaksana dan penyusunan laporan ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.
2. Ayahanda Misdi dan Ibunda Sri Handhayani serta saudariku tercinta Hani Fati Puspita Sari yang selalu memberikan dukungan baik berupa doa maupun materil dan sekaligus menjadi penyemangat serta inspirator bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

3. Bapak Ahmad Suudi, S.T., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin yang selalu memberikan ilmu dan arahan serta motivasi nya.
4. Bapak Harnowo Supriadi, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin yang selalu memberikan kemudahan di dalam pengurusan administrasi.
5. Bapak Dr. Amrizal, S.T.,M.T. selaku pembimbing akademik penulis yang telah membimbing dan membantu penulis selama studi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin., M.T selaku pembimbing I yang telah menyediakan waktu dan ilmu sebagai pembelajaran penulis dalam bidang perancangan dan produksi.
7. Bapak Tarkono, S.T., M.T. selaku pembimbing II Tugas Akhir ini. Terimakasih atas waktu, ilmu, ide dan semua perhatian yang diberikan untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, S.T., M.T. selaku dosen pembahas yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.
9. Dosen pengajar dan karyawan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
10. Terimakasih kepada bude, pakde Shaleh, dan saudara saya mba Miftahul Aini S.Pd dan Miftahul Huda yang telah membantu dan memberi motivasi penulis dalam mengerjakan tugas akhir setiap harinya.
11. Terimakasih sahabat penulis dirumah Naufal Ali Husain, Fachri Rozzak, M.Yusuf dan M. Azzam Baiatur Riduan selaku teman seperjuangan dan

yang selalu mengisi waktu kosong ketika dirumah.

12. Terimakasih kepada Faisal Bahri S.T., Bastian Dwi Julian S.T., dan Weldi Supiyanto, S.T. yang telah menemani selama beberapa tahun dalam melaksanakan studi di Jurusan Teknik Mesin.
13. Terimakasih kepada Armando Putra M.S, Wahyudyatama, Kelvin Fernando P., Riduan Parasian, Oki Bagus Hartanto, Rio Diki Kurniawan, Aufadhia, Prahara Asmara, Nuril Fata S.T. Mursani serta teman-teman Laboratorium Produksi yang telah membantu penulis dalam pembuatan alat.
14. Seluruh rekan rekan Teknik Mesin Universitas Lampung angkatan 2013 (TM 13) yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
15. Terimakasih kepada Nanang Kurniawan S.T., Doni Maylana dan Wahyu Saputa S.T., Zhafira Intafuji yang telah membantu elektronika pembuatan alat.
16. Rekan-Rekan penulis di komunitas japanila Andini Ramadhanti, Wahyuning Ramadhanta (Warra), Qodratul Nada Qhodratul Aini (Kasumi) A'la muhammad, Defri Agustian, Indra Kusuma, Armelia Risqika S, Anisha Arbhia Ragil, Putri Wulandari, Anggi Agustin, Nufus, Rico, Yuda, Juniko, Faizal, Wisnu Handoko, Nopal, haykal, satria, Ramandha, Rizki, Romi G, Rio Orlando dan teman teman japanila lainnya yang tidak dapat disebutkan semua. Terimakasih banyak atas segala bentuk doa dan dukungan serta semangat yang kalian berikan.
17. Terimakasih kepada Agustina Tri Wulandari selaku partner penulis yang selalu mensupport, membantu penulis, menemani penulis dikala susah dan senang selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini disusun dengan sebaik-baiknya. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari laporan ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya, mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman

penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum. Wr.Wb.

Bandar Lampung, 15 Februari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
MENGESAHKAN	v
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
KATA – KATA MUTIARA	x
PERSEMBAHAN.....	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xxii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Sistematika Penulisan.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pengelasan	7
2.1.1 Klasifikasi Cara Pengelasan	7
2.1.2 Jenis – Jenis Pengelasan.....	8

2.1.3	Daerah Pengelasan Cair	11
2.1.4	Cacat Pada Las	13
2.1.5	Pengelasan Padat Magnesium	15
2.2	Proses Permesinan	24
2.2.1	Mesin Bubut	25
2.3	Magnesium	29
2.3.1	Sifat Fisik Magnesium.....	30
2.3.2	Sifat Kimia Magnesium	31
2.3.3	Sifat Mekanik Magnesium	32
2.3.4	Penerapan Magnesium Paduan	32
2.3.5	Manfaat Magnesium.....	32
2.4	Arduino Uno.....	33
2.5	Sensor Berat	34
III. METODOLOGI PENELITIAN.....		38
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	38
3.1.1	Tempat Penelitian.....	38
3.1.2	Waktu Penelitian	38
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	39
3.3	Konsep.....	42
3.3.1	Konsep Desain I.....	47
3.3.2	Konsep Desain II.....	48
3.3.3	Konsep Desain III	50
3.4	Pemilihan Konsep Desain	51
3.5	Desain Alat	51
3.6	Alat Dan Bahan Pembuatan Alat <i>Friction Welding</i>	53
3.6.1	Alat.....	53
3.6.2	Bahan.....	54
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		56
4.1	Pemilihan Konsep Desain Alat <i>Friction Welding</i>	56
4.1.1	Evaluasi Konsep.....	56
4.1.2	Pemilihan Konsep Desain	57
4.2	<i>Embodiment</i> Desain.....	61

4.2.1	Komponen.....	61
4.3	Desain Alat.....	68
4.4	Sistem Rancangan Otomasi.....	69
4.5	Manufaktur Alat Uji.....	70
4.5.1	Kebutuhan Bahan Baku.....	71
4.5.2	Perhitungan Biaya Produksi.....	71
4.6	Penelitian Lanjutan.....	85
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	86
5.1	Simpulan.....	86
5.2	Saran.....	87
	DAFTAR PUSTAKA.....	88
	LAMPIRAN.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah pengelasan <i>fusion</i> (Wiryosumarto dan Okumura, 1985).....	12
Gambar 2.2 Cacat las yang mungkin terjadi (Salmon dan Johnson, 1990).....	15
Gambar 2.3 Skema proses penyambungan <i>rotary friction welding</i> ; (a) proses kontak; (b) proses pengelasan; (c) setelah pengelasan (Shen, 2015).....	18
Gambar 2.4 <i>Friction Stir Welding</i> (Sugito dkk, 2016).....	19
Gambar 2.5 Linier <i>friction welding</i> (Kallee dan Dave, 1999).....	20
Gambar 2.6 Daerah las gesek (Purnomo, 2016).....	20
Gambar 2.7 Parameter las gesek (Sahin, 2008).....	21
Gambar 2.8 Aplikasi pengelasan gesek (Izumi, 2013).....	24
Gambar 2.9 Mesin bubut (Pandiangan, 2013).....	25
Gambar 2.10 <i>Spindle</i> utama mesin bubut (Pandiangan, 2013)	26
Gambar 2.11 Kepala Lepas (<i>tail stock</i>) (Pandiangan, 2013).....	27
Gambar 2.12 Alas (<i>bed</i> mesin) (Pandiangan, 2013).....	27
Gambar 2.13 Eretan (<i>carriage</i>) memanjang, melintang dan atas (Pandiangan, 2013)	28
Gambar 2.14 Tuas pengatur kecepatan dan pengubah arah putaran transportir (Pandiangan, 2013)	29
Gambar 2.15 Arduino uno	33

Gambar 2.16 <i>Load cell</i> 50 kg	35
Gambar 2.17 PIN HX711	35
Gambar 2.18 Konfigurasi kabel <i>load cell</i>	37
Gambar 2.19 Sambungan sensor <i>load cell</i> dengan modul HX711.....	37
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	42
Gambar 3.2 Mesin Bubut <i>Pinacho</i>	43
Gambar 3.3 Sketsa alat pengelasan <i>friction welding</i>	43
Gambar 3.4 Konsep desain I alat las gesek	47
Gambar 3.5 Konsep desain II alat las gesek.....	49
Gambar 3.6 Konsep desain III alat las gesek.....	50
Gambar 3.7 Desain konsep III alat <i>friction welding</i>	52
Gambar 3.8 Rancangan arsitektur alat <i>friction welding</i>	52
Gambar 3.9 Struktur control unit arduino	53
Gambar 4.1 Konsep desain terpilih yang akan dikembangkan	61
Gambar 4.2 Motor listrik DC	62
Gambar 4.3 Poros penggerak.....	64
Gambar 4.4 Rangka pada alat <i>friction welding</i>	67
Gambar 4.5 Arsitektur alat pengelasan <i>friction welding</i> otomatis	69
Gambar 4.6 Rancangan sistem kerja otomasi.....	70
Gambar 4.7 Desain <i>control</i> unit arduino	70
Gambar 4.8 Rangkaian mekatronika pada alat <i>friction welding</i> otomatis.....	75
Gambar 4.9 Komponen total alat <i>friction welding</i> otomatis	76
Gambar 4.10 Kalibrasi sensor <i>load cell</i>	77
Gambar 4.11 Grafik hasil kalibrasi <i>load cell</i>	78

Gambar 4.12 Grafik hasil pengelasan las gesek	82
Gambar 4.13 Hasil pengujian spesimen 1 dengan kecepatan 950 rpm	83
Gambar 4.14 Hasil pengujian spesimen 2 dengan kecepatan 1150 rpm	83
Gambar 4.15 Hasil pengujian spesimen 3 dengan kecepatan 1400 rpm	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat fisik magnesium	31
Tabel 2.2 Spesifikasi HX711	36
Tabel 3.1 Desain konsep alat pengelasan gesek	44
Tabel 3.2 Matriks pemilihan konsep alat	46
Tabel 4.1 Matriks keputusan dasar	57
Tabel 4.2 Penilaian keputusan akhir	59
Tabel 4.3 Faktor-faktor koreksi daya (fc)	64
Tabel 4.4 Biaya kebutuhan bahan baku	72
Tabel 4.5 Data kalibrasi sensor load cell dengan neraca beban	77
Tabel 4.6 Data hasil pengujian	81

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi manufaktur di Indonesia yang sudah diketahui oleh masyarakat antara lain proses bubut (*turning*), proses menyekrap (*Shaping* dan *Planning*), proses gurdi (*Drilling*), proses frais (*Milling*), proses gerinda (*Grinding*), proses pengelasan (*welding*). Proses pengelasan merupakan salah satu proses penting didalam dunia industri dan merupakan bagian yang tidak dapat terpisahkan dari pertumbuhan industri, karena pengelasan memegang peranan utama dalam rekayasa dan reparasi produk logam.

Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan material dengan cara meleburkan terlebih dahulu atau mencairkan sebagian atau permukaan benda yang akan disambung. Sambungan pengelasan merupakan ikatan metalurgi pada logam paduan yang dilakukan dalam keadaan cair ataupun semi cair (*semi solid*). pemilihan metode pengelasan ditentukan berdasarkan pertimbangan peningkatan suatu kualitas, kecepatan produksi, dan peningkatan efisiensi, serta penghematan biaya produksi. Pada proses penyambungan bahan magnesium dibutuhkan metode penyambungan yang sesuai, agar kualitas material tidak menurun atau rusak.

Magnesium adalah salah satu jenis logam yang memiliki sifat yang diunggulkan, kepadatan rendah, keuletan yang baik, kekuatan menengah serta

ketahanan korosi yang baik, selain itu magnesium bisa digunakan sebagai unsur paduan untuk memperbaiki sifat mekanik logam seperti aluminium (Buldum, 2011). Adapun kekurangan dari material magnesium yaitu sifatnya mudah terbakar pada suhu lebur atau suhu tinggi sehingga membuat material tersebut sulit dilakukan proses pengelasan, untuk mengatasi kekurangan dalam proses penyambungan atau pengelasan tersebut maka digunakanlah metode pengelasan *friction welding*. Proses pengelasan gesek (*friction welding*) menurut Ardianto (2015) merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan dengan *fusion welding* (pengelasan cair).

Iswar, dkk (2012) menerangkan pada proses pengelasan *friction welding* memiliki banyak keunggulan dibanding pengelasan lainnya, pada proses pengelasan ini tidak memerlukan *flux* atau selaput las, bahan pengisi atau elektroda atau gas dalam proses pengelasannya, tidak terdapat adanya percikan api las atau asap yang dihasilkan dan pengelasan dalam kondisi padat, sehingga tidak ada cacat *solidifikasi* yang terjadi seperti gas porositas, segregasi atau *inklusi* terak serta dapat menyambung dua bahan logam yang berbeda (*dissimilar*).

Pengelasan gesek merupakan pengelasan yang memanfaatkan energi panas yang muncul akibat adanya proses gesekan dari dua material yang akan disambung, panas dihasilkan gesekan tersebut akan mengakibatkan material menjadi *semisolid* berkurang kekuatannya dan mudah dideformasi. Apalagi kalau suhu akibat proses gesek tersebut mendekati suhu lebur, maka material menjadi lunak. Dalam kondisi ini, gesekan relatif antar kedua logam dihentikan, kemudian diaplikasikan gaya tekan arah aksial, sehingga terjadi sambungan las (Satoto, 2002). Panas yang timbul

dari proses pengelasan merupakan *variabel* yang penting, suhu pengelasan yang tidak cukup tinggi mengakibatkan bahan yang akan disambung tidak dapat menyatu, dan daerah pengaruh panas yang terbentuk pada logam yang disambung juga *relative* sempit karena panas yang terjadi tidak mencapai temperatur luluh logam sehingga suhu pengelasan pun akan mempengaruhi hasil pengelasan (Husodo, 2013).

Pada penelitian sebelumnya, yang dilakukan oleh Saputra (2017) dengan waktu gesek 2 menit pengelasan magnesium AZ31 pada kecepatan putar 1150 rpm didapatkan suhu pengelasan minimum 149°C dan didapatkan suhu pengelasan maksimumnya yaitu 218°C , kemudian pada kecepatan putar 1750 rpm, didapatkan pada daerah HAZ suhu pengelasan minimum yang didapat 371°C dan didapatkan suhu maksimumnya 482°C . Pada pengelasan *friction welding* putaran benda kerja mempengaruhi hasil pengelasan karena semakin tinggi putaran benda kerja maka semakin tinggi suhu yang dihasilkan dan semakin baik pula nilai uji tarik yang dihasilkan. Hasil pengelasan pada kecepatan putar 1150 rpm dan waktu gesek 2 menit didapat nilai rata-rata kekuatan tarik yaitu 31,054 MPa kemudian pada kecepatan 1750 rpm dan waktu gesek 2 menit didapatkan nilai kekuatan tariknya yaitu rata-rata 45.451MPa. pada pengelasan *friction welding* cacat sambungan timbul karena suhu yang diperlukan tidak tercapai sehingga butiran tidak dapat berdifusi dan menyatu secara menyeluruh, sehingga mempengaruhi kualitas hasil pengelasan.

Menurut Solihin (2016) pengelasan dengan waktu gesek 3 menit didapatkan kekuatan tarik dengan nilai 16,78 MPa, kemudian pada waktu gesek 5 menit didapatkan kekuatan tarik sebesar 13,08 MPa dan pada waktu gesek 10 menit

didapatkan hasil kekuatan tarik terendah yaitu dengan nilai 4,25 MPa. Cacat yang terjadi pada hasil pengelasan *friction welding* magnesium AZ-31 yaitu banyak udara yang terperangkap pada logam las (*porosity*) dan sehingga sambungan kedua material kurang baik.

Pada penelitian *friction welding* sebelumnya oleh Saputra (2017) dan Solihin (2016), proses penyambungan las gesek menggunakan cara manual memanfaatkan *quill tailstock* untuk melakukan penekan. hasil suhu yang diperlukan tidak tercapai untuk melakukan peleburan. Oleh karena itu perlu adanya alat *friction welding* yang dapat membantu proses yang terjadi pengelasan gesek pada material magnesium, diharapkan alat ini mampu membantu menutupi kekurangan yang terjadi pada penelitian sebelumnya dan dapat menjadi solusi untuk menanggulangi kegagalan penyambungan material magnesium AZ31. Melihat beberapa kendala yang terjadi, maka penulis akan membuat sistem teknologi mesin las gesek, oleh karena itu penulis mengambil judul “**RANCANG & FABRIKASI PENGELASAN GESEK (*FRICITION WELDING*) OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO**”. Namun berapa beban penekanan dan kecepatan penekanan tidak diketahui, sehingga akibatnya digunakan penekanan (*forging load*) diperlukan untuk meletakan dengan kuat dua material kerja tidak tercapai.

1.2 Tujuan Penelitian

Dari latar belakang yang telah terpapar diatas, maka penulis bermaksud memfokuskan penelitian pada perancangan dan fabrikasi alat las gesek (*friction welding*) otomatis dengan berbasis Arduino Uno.

1.3 Batasan Masalah

Pada proses penelitian tugas akhir ini ditekankan pada desain alat las gesek (*friction welding*). Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Mesin las gesek sebagai pengganti *tail stock* mesin bubut konvensional.
2. Rancangan alat menyesuaikan dimensi mesin bubut konvensional yang sudah ada di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. *Quill* hanya bergerak maju dan mundur tanpa berotasi.
4. Penggerak *quill* adalah motor DC dengan satu kecepatan putar.

1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas mengenai teori – teori tentang pengelasan, cacat pada pengelasan, komponen dari mesin bubut, dan komponen dari mekatronika.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas prosedur pelaksanaan penelitian dengan menggunakan metode desain. Pada bab ini juga membahas konsep, perwujudan, dan detail dari alat *friction welding*.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai pengolahan data yang dilakukan sampai mendapatkan suatu hasil yaitu berupa desain dan alat serta beberapa data percobaan, lalu dari hasil tersebut akan dianalisa untuk mendapatkan hasil percobaan proses pengelasan.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisikan hal – hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat refrensi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan laporan.

LAMPIRAN

Berisikan perlengkapan laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Berdasarkan penemuan benda-benda sejarah dapat diketahui bahwa teknik penyambungan logam telah diketahui sejak zaman prasejarah, misalnya pembrasingan logam paduan emas tembaga dan pematrian paduan timbal-timah. Menurut keterangan yang didapat telah diketahui dan dipraktikkan dalam rentang waktu antara tahun 3000 sampai 4000 SM. Alat-alat las busur dipakai secara luas setelah alat tersebut digunakan dalam praktek oleh (Benardes,1985).

Pengelasan adalah salah satu cara menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan (Widharto, 1996). Menurut *Deutche Industrie Normen* (DIN), Las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Cara menyambungkan dua buah logam menjadi satu yaitu dengan jalan pemanasan atau pelumeran. Kedua ujung logam yang akan disambung dibuat lumer atau dilelehkan dengan busur nyala atau dengan logam itu sendiri sehingga kedua ujung atau bidang logam merupakan bidang masa yang kuat dan tidak mudah dipisahkan (Arifin, 1997).

2.1.1 Klasifikasi Cara Pengelasan

Klasifikasi yang pertama membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri dan lain-lain. Sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan

adanya kelompok - kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan lain-lain. Bila diadakan klasifikasi yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut diatas akan terbaaur dan akan terbentuk kelompok - kelompok yang banyak sekali. Diantara kedua cara klasifikasi tersebut diatas, klasifikasi berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan. Berdasarkan klasifikasi ini, pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu (Wiryosumarto, 2000):

1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.

2.1.2 Jenis – Jenis Pengelasan

Berdasarkan klasifikasi pengelasan, jenis atau cara pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan gas. Berikut adalah penjelasan dari jenis-jenis pengelasan.

2.1.2.1 Las Busur Listrik

Las busur listrik adalah cara pengelasan dengan mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Klasifikasi las busur listrik yang digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah

las elektroda terbungkus (WiryoSumarto,2000). Prinsip pengelasan las busur listrik yaitu arus listrik yang cukup padat dan tegangan rendah bila dialirkan pada dua buah logam yang konduktif akan menghasilkan loncatan elektroda yang dapat menimbulkan panas yang sangat tinggi mencapai suhu 5000°C sehingga dapat mudah mencair kedua logam tersebut (WiryoSumarto, 2000).

Proses pemindahan logam cair seperti dijelaskan diatas sangat mempengaruhi sifat maupun las dari logam, dapat dikatakan bahwa butiran logam cair yang halus mempunyai sifat mampu las yang baik. Sedangkan proses pemindahan cairan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan, fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda sebagai zat pelindung yang sewaktu pengelasan juga ikut mencair. Tetapi karena berat jenisnya lebih ringan dari bahan logam yang dicairkan, maka cairan fluks tersebut mengapung diatas cairan logam dan membentuk terak sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahan tidak terbakar, tetapi berubah menjadi gas pelindung dari logam cair terhadap oksidasi (WiryoSumarto, 2000).

2.1.2.2 Busur Logam Gas (*Gas Metal Arc Welding*)

Proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari busur listrik antara elektroda yang sekaligus berfungsi sebagai logam yang terumpan (*filler*) dan logam yang dilas. Las ini disebut juga *metal inert gas welding* (MIG) karena menggunakan gas mulia seperti argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam cair (WiryoSumarto, 2000).

2.1.2.3 Las Busur Rendam (*Submerged Arc Welding/SAW*)

Proses pengelasan dimana busur listrik dan logam cair tertutup oleh lapisan serbuk fluks sedangkan kawat pengisi (*filler*) diumpankan secara bertahap. Pengelasan ini dilakukan secara otomatis dengan arus listrik antara 500-2000 A (Wiryosumarto,2000).

2.1.2.4 Las Busur Elektroda Terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*)

Proses pengelasan dimana panas dihasilkan dari busur listrik antara ujung elektroda dengan logam yang dilas. Elektroda terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik ke busur dan sekaligus sebagai bahan pengisi (*filler*). Kawat ini dibungkus dengan bahan fluks. Biasanya dipakai arus listrik yang tinggi (10-500 A) dan potensial yang rendah (10-50 V). Selama pengelasan, fluks mencair dan membentuk terak (*slag*) yang berfungsi sebagai lapisan pelindung logam las terhadap udara sekitarnya. Fluks juga menghasilkan gas yang bisa melindungi butiran – butiran logam cair yang berasal dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh ke tempat sambungan (Wiryosumarto, 2000).

2.1.2.5 Las Oksi Asetilen (*Oxy Acetilene Welding*)

Las oksidasetilen adalah salah satu jenis pengelasan gas yang dilakukan dengan membakar bahan bakar gas dengan O₂ sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi. Bahan bakar yang biasa digunakan adalah gas asetilen, propan, atau hidrogen. Dari ketiga bahan bakar ini yang paling banyak digunakan adalah gas asetilen, maka dari itu pengelasan ini biasa

disebut dengan las oksigen asetilen (Wiryosumarto, 2000).

2.1.2.6 Las Busur Tungsten Gas Mulia (*Gas Tungsten Arc Welding/GTAW*)

Proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari loncatan busur listrik antara elektroda terbuat dari wolfram/*tungsten* dan logam yang dilas. Pada pengelasan ini logam induk (logam asal yang akan disambung dengan metode pengelasan biasanya disebut dengan istilah logam induk) tidak ikut terumpan (*non-consumable electrode*). Untuk melindungi elektroda dan daerah las digunakan gas mulia (argon atau helium). Sumber arus yang digunakan bisa AC (arus bolak-balik) maupun DC (arus searah).

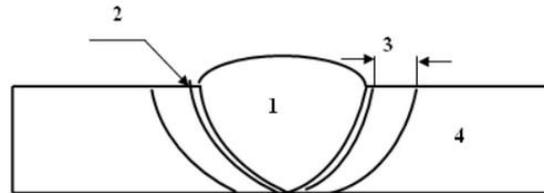
2.1.2.7 Las Listrik Terak (*Electroslag Welding*)

Proses pengelasan dimana energi panas untuk melelehkan logam dasar (*base metal*) dan logam pengisi (*filler*) berasal dari terak yang berfungsi sebagai tahanan listrik ketika terak tersebut dialiri arus listrik. Pada awal pengelasan, fluks dipanasi oleh busur listrik yang mengenai dasar sambungannya. Kemudian logam las terbentuk pada arah vertikal sebagai hasil dari campuran antara bagian sisi dari logam induk dengan logam pengisi (*filler*) cair. Proses pencampuran ini berlangsung sepanjang alur sambungan las yang dibatasi oleh pelat yang didinginkan dengan air .

2.1.3 Daerah Pengelasan Cair

Daerah pengelasan adalah daerah yang terkena pengaruh panas pada saat

pengelasan. Pengaruh panas tersebut menyebabkan perubahan struktur mikro, sifat mekanik pada daerah daerah tertentu. Daerah pengelasan dibagi menjadi 4 bagian yaitu logam lasan, garis gabungan, daerah HAZ, dan logam induk. Untuk mengetahui gambar daerah pengelasan cair dapat dilihat di gambar 2.1



Gambar 2.1 Daerah pengelasan *fusion* (Wiriyosumarto dan Okumura, 1985)

Daerah-daerah pengelasan terdiri dari empat bagian daerah pengelasan cair sebagai berikut: (Wiriyosumarto dan Okumura,1985)

1. Logam las (*weld metal*), yaitu daerah endapan las (*weld deposit*) logam disaat melakukan pengelasan mencair dan kemudian membeku. Endapan las (*weld deposit*) ini merupakan logam pengisi (*filler metal*) yang telah mencair.
2. Garis gabungan (*fusion line*), merupakan garis diantara logam lasan dan daerah yang terkena panas (HAZ) yang bisa dilihat dengan menguji hasil penampang las. Daerah ini merupakan daerah batas bagian cair dan padat dari sambungan lasan.
3. HAZ (*Heat Affected Zone*), yaitu merupakan daerah yang terkena pengaruh panas yang dilakukan selama pengelasan mengalami pemanasan dan pendinginan dengan cepat.
4. Logam induk (*parent metal*), adalah bagian logam lasan yang tidak terkena pengaruh panas karena proses pengelasan dan temperatur yang

disebabkan saat pengelasan tidak menimbulkan terjadinya perubahan struktur dan sifat dari logam induk tersebut. Hal ini disebabkan karena temperatur yang terjadi pada logam induk belum mencapai temperatur kritis.

2.1.4 Cacat Pada Las

Teknik dan prosedur pengelasan yang tidak baik menimbulkan cacat pada hasil pengelasan yang menyebabkan diskontinuitas dalam las. Cacat yang sering dijumpai dan gambar 2.2 merupakan bentuk - bentuk cacat yang terjadi pada saat pengelasan sebagai berikut: (Salmon dan Johnson, 1990).

2.1.4.1 Peleburan tidak sempurna

Peleburan tidak sempurna terjadi karena logam dasar (induk) dan logam las yang berdekatan tidak melebur bersama secara menyeluruh. Hal ini dapat terjadi jika permukaan yang akan disambung tidak dibersihkan dengan baik dan dilapisi kotoran, terak, oksida, atau bahan lainnya. Penyebab lain dari cacat ini adalah pemakaian peralatan las yang arus listriknya tidak memadai, sehingga logam dasar tidak mencapai titik lebur sempurna. Laju pengelasan yang terlalu cepat juga dapat menimbulkan pengaruh yang sama.

2.1.4.2 Penetrasi kampuh yang tidak memadai

Penetrasi kampuh yang tidak memadai adalah keadaan dimana kedalaman las kurang dari tinggi alur yang ditetapkan. Cacat ini, terutama berkaitan dengan las tumpul, terjadi akibat perencanaan alur yang tidak sesuai dengan proses pengelasan yang dipilih, elektroda yang terlalu besar,

arus listrik yang tidak memadai, atau laju pengelasan yang terlalu cepat.

2.1.4.3 Porositas

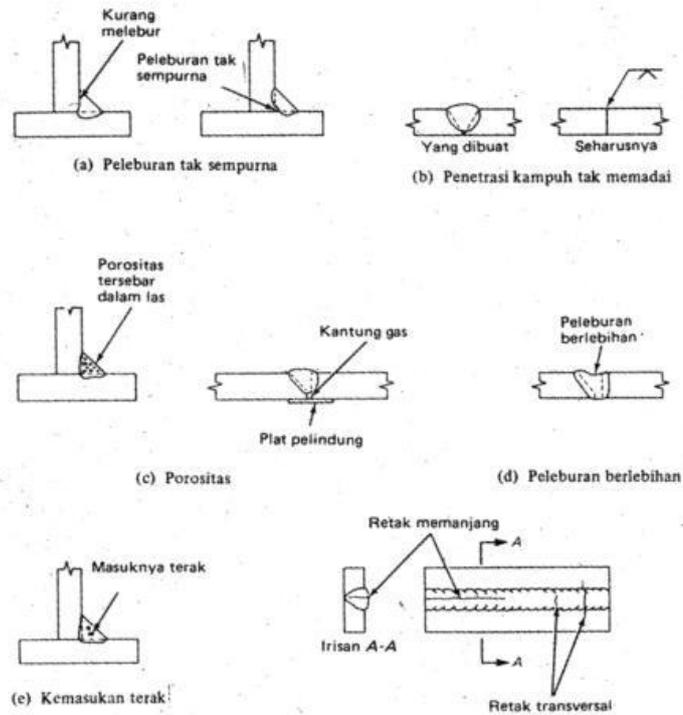
Porositas terjadi bila rongga-rongga gas yang kecil terperangkap selama proses pendinginan. Cacat ini ditimbulkan oleh arus listrik yang terlalu tinggi, busur nyala yang terlalu panjang, dan prosedur pengelasan yang buruk.

2.1.4.4 Peleburan berlebihan

Peleburan berlebihan adalah terjadinya alur pada logam induk didekat ujung kaki las yang tidak terisi oleh logam las. Arus listrik dan panjang busur nyala yang berlebihan dapat membakar atau menimbulkan alur pada logam induk. Cacat ini mudah terlihat dan dapat diperbaiki dengan memberi las tambahan.

2.1.4.5 Retak

Retak adalah terjadi pecah pada logam alas, baik searah ataupun *transversa* terhadap garis las, yang ditimbulkan oleh tegangan internal. Retak merupakan cacat las yang paling berbahaya. Namun, retak halus (retak mikro atau *mikrofissures*) umumnya tidak mempunyai pengaruh yang berbahaya.



Gambar 2.2 Cacat las yang mungkin terjadi (Salmon dan Johnson, 1990)

Cacat retak kadang – kadang terbentuk ketika las mulai memadat dan umumnya diakibatkan oleh unsur-unsur yang getas (besi ataupun elemen paduan) yang terbentuk sepanjang serat pembatas. Pemanasan yang merata dan pendinginan yang lebih lambat akan mencegah pembentukan retak.

2.1.5 Pengelasan Padat Magnesium

Pengelasan padat adalah pengelasan yang proses penyambungannya menggunakan panas atau tekanan, tetapi tidak terjadi peleburan pada logam dasar dan tanpa penambahan logam pengisi. Bahan magnesium yang memiliki sifat mudah terbakar membuat bahan tersebut sulit dilas

menggunakan las cair. Untuk mengatasi hal tersebut dapat menggunakan jenis pengelasan padat seperti pengelasan *friction stir welding* atau pengelasan *friction welding* tergantung bentuk bahan dan posisi sambungan yang diinginkan.

2.1.5.1 Pengelasan Gesek (*Friction Welding*)

Teknologi las gesek (*friction welding*) merupakan salah satu metode proses pengelasan jenis *solid state welding*. Panas yang terjadi dihasilkan dari gesekan antara permukaan kedua ujung benda kerja. Dengan mengkombinasikan panas dan tekanan tempa maka dua buah logam akan tersambung. Teknologi las gesek ini mulai banyak diperhatikan, mengingat bahwa teknologi las gesek ini mudah dioperasikan, proses operasinya cepat, tidak memerlukan logam pengisi, tidak memerlukan bentuk *grooving*, hasil penyambungan baik. Mudah dioperasikan karena mesin las gesek menyerupai mesin bubut. Proses operasional cepat karena hanya memerlukan waktu gesek yang relatif cepat. Daerah pengaruh panas (HAZ) pada logam yang disambung relatif sempit karena panas yang terjadi tidak sampai mencapai temperatur cair logam dan adanya tekanan tempa memungkinkan efek negatif panas logam akan tereliminasi. Berdasarkan metode penggesekannya, pengelasan gesek dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu:

1. *Rotary Friction Welding*

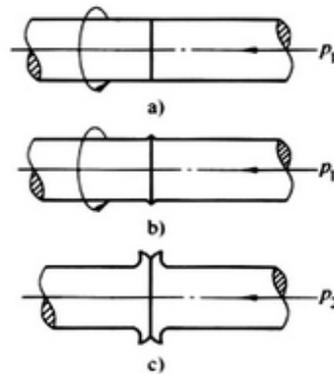
Rotary friction welding merupakan salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan penyambungan logam yang sulit dilakukan

dengan *fusion welding* (pengelasan cair) yang salah satunya adalah logam magnesium.

Pada *rotary friction welding* proses penyambungan logamnya tanpa pencairan (*solid state proses*) yang mana proses pengelasan terjadi sebagai akibat penggabungan antara laju putaran salah satu benda kerja yang berputar. Gesekan yang diakibatkan oleh pertemuan kedua benda kerja tersebut akan menghasilkan panas yang dapat melumerkan kedua ujung benda kerja yang bergesekan sehingga mencair dan akhirnya terjadi proses penyambungan.

Pada *rotary friction welding* terjadi beberapa fenomena fisik seperti perubahan panas akibat gesekan *deformasi plastis* dan sebagainya. Adapun parameter penting dalam proses *rotary friction welding* meliputi *friction time*, *rotational speed*, dan *friction pressure*. Parameter – parameter yang ditunjukkan diatas akan berpengaruh terhadap sifat mekanik hasil sambungan (Sigit dkk, 2012).

Metode *rotary friction welding* yaitu memanfaatkan gesekan langsung antara dua permukaan benda kerja yang akan dilas. Proses penyambungan *friction welding* terjadi pada kondisi pada padat (*solid state joining*), kondisi ini dapat dimanfaatkan untuk pengelasan magnesium yang mempunyai kekurangan yaitu sifat mudah terbakar pada suhu tinggi.



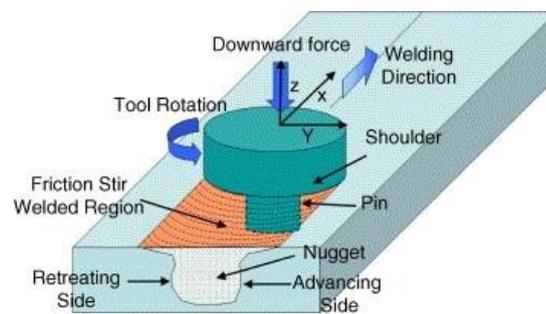
Gambar 2.3 Skema proses penyambungan *rotary friction welding*; (a) proses kontak; (b) proses pengelasan; (c) setelah pengelasan (Shen, 2015)

Penyambungan *rotary friction welding* terjadi dari perputaran logam yang saling bergesekan dibawah pengaruh tekanan aksial. Permukaan yang saling bersinggungan menghasilkan panas sehingga logam mendekati titik cairnya maka membuat permukaan yang bersinggungan menjadi plastis. Pada gambar 2.3 merupakan gambar skema proses penyambungan rotari *friction welding* dan berikut ini penjelasan tahap prosesnya sebagai berikut:

- a. Terdapat dua bagian benda kerja, salah satu benda kerja berputar relatif dengan kecepatan tertentu terhadap benda kerja yang lainnya dimana benda kerja yang satunya memberikan tekanan.
- b. Gesekan antara kedua permukaan akan menghasilkan panas yang akan melelehkan ujung permukaan benda kerja.
- c. Tekanan terus diberikan hingga lelehan kedua permukaan menyatu dan membentuk sambungan.
- d. Jika kedua permukaan telah menyatu, putaran dihentikan dan pada sisi tekan diberikan tekanan tambahan untuk mengasilkan sambungan yang sempurna.

2. *Friction Stir Welding*

Friction Stir Welding merupakan suatu metode pengelasan gesek dengan sumber panas yang berasal dari gesekan antara benda kerja dengan pahat yang berputar. Proses pengelasan dengan menggunakan metode *Friction Stir Welding* biasanya digunakan untuk menyambung pelat. Untuk konsep pengelasan friction stir welding dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 *Friction Stir Welding* (Sugito dkk, 2016)

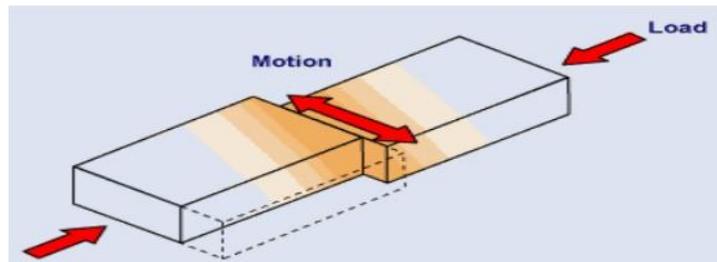
Proses penyambungan dengan metode *friction stir welding* adalah sebagai berikut :

- Dimulai dengan memutar *tool*, posisikan *tool* pada posisi antara tengah bagian yang akan dilas.
- Memulai dengan menggesek tool dari ujung benda yang akan dilas.
- Menggeser *tool* sampai semua daerah yang dilas selesai.
- Proses pengelasan *friction stir welding* selesai.

3. *Linier Friction Welding*

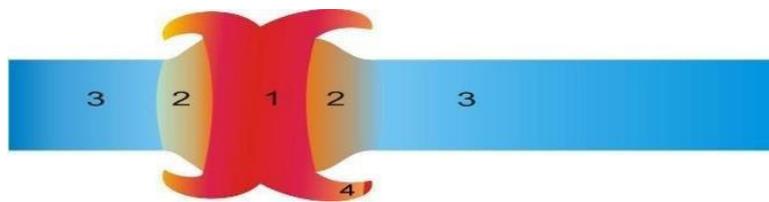
Linier Friction Welding adalah suatu metode dimana *chuck* bergerak

berosilasi lateral bukannya berputar. Kecepatan jauh lebih rendah pada umumnya, linier *friction welding* membutuhkan mesin lebih kompleks dari pada *rotary friction welding*, namun memiliki keuntungan bahwa bagian bentuk apapun dapat bergabung. Untuk konsep dari pengelasan linier *friction welding* dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Linier *friction welding* (Kallee dan Dave, 1999)

2.1.5.2 Daerah pengelasan Gesek



Gambar 2.6 Daerah las gesek (Purnomo, 2016)

Pada gambar 2.6 merupakan gambar daerah las gesek dan klasifikasi daerah, untuk penjelasan daerah pengelasan gesek dibagi menjadi 3 daerah yaitu :

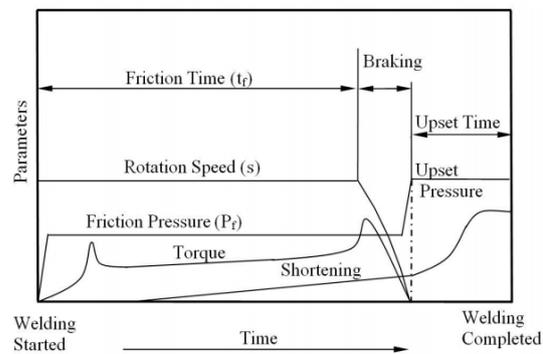
1. Daerah inti atau yang berwarna merah adalah daerah utama pengelasan yang mengalami pembekuan. Struktur mikro dilogam las dicirikan dengan adanya struktur berbutir panjang (*columnar grains*).
2. *Heat Affected Zone* (HAZ) adalah daerah yang mengalami perubahan struktur mikro dan sifat – sifat mekanismenya akibat pengaruh dari panas yang dihasilkan pada daerah inti. Daerah HAZ merupakan

daerah paling kritis dari sambungan las, karena selain berubah strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah tersebut.

3. Logam Induk adalah daerah dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan perubahan struktur mikro dan sifat mekanik.

4. *Flash* adalah lelehan yang keluar dari pusat bidang gesekan dan tempaan.

Untuk gambar parameter pengelasan gesek (*friction welding*) yang terjadi dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Parameter las gesek (Sahin, 2008)

2.1.5.3 Keuntungan dan Kelemahan pengelasan *Friction Welding*

Dalam proses pengelasan *friction welding* terdapat kelebihan dan kekurangan yang dapat membedakan pengelasan yang umum digunakan masyarakat, dibanding dengan pengelasan *friction welding* dari hasil sambungan pengelasan dan biaya yang dikeluarkan (Tiwan & Ardian, 2005).

1. Keuntungan pengelasan *friction welding*

Keuntungan proses penyambungan dengan las *friction welding* antara lain:

- a. Kebersihan permukaan sambungan tidak diperlukan, karena selama proses *friction* permukaan akan terkelupas dan terdeformasi ke bagian luar.
- b. Tidak memerlukan logam pengisi, pelindung fluks dan gas pelindung selama proses
- c. Tidak terdapat cacat akibat fenomena pencairan dan pembekuan.
- d. Dimungkinkan untuk menyambung dua material logam yang berbeda.
- e. Ongkos pengerjaan lebih ringan.

2. Kekurangan pengelasan *friction welding*

Namun proses pengelasan *friction welding* memiliki keterbatasan yaitu ;

- a. Benda yang disambung harus simetris.
- b. Proses umumnya terbatas pada permukaan plat dan bentuk batang bulat.
- c. Salah satu material yang disambung harus memiliki sifat mampu dideformasi secara plastis

2.1.5.4 Parameter Pengelasan *Friction Welding*

Kualitas hasil pengelasan *friction welding* sangat tergantung pada parameter proses pengelasan. Parameter pengelasan meliputi waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa, tekanan tempa dan kecepatan putar (Spindler, 1994). Keberhasilan *friction welding* dipengaruhi oleh 5 faktor, yang berhubungan dengan sifat material dan kondisi kerja. Adapun kelima faktor tersebut yaitu :

1. Kecepatan relatif antar permukaan.
2. Tekanan yang dikenakan.

3. Temperatur yang terbentuk pada permukaan.
4. Sifat *bulk* dari material.
5. Kondisi permukaan dan kehadiran lapisan tipis pada permukaan.

Ketiga faktor yang pertama berhubungan dengan kondisi proses pelaksanaan *friction welding*. Sedangkan dua faktor yang terakhir tergantung dari sifat material logam yang disambung. Selama proses *friction welding* timbulnya panas dipermukaan dikontrol oleh kecepatan relatif antar permukaan, tekanan yang dikenakan dan lamanya penekanan. Kondisi temperatur permukaan merupakan parameter yang kritis untuk menghasilkan sambungan yang baik. Dan hal tersebut tergantung dari kondisi proses dan material yang disambung. Sifat *bulk* material dan kondisi permukaan mempengaruhi karakteristik gaya gesek dan tekan dari material yang disambung (Tiwana & Ardian, 2005).

2.1.5.5 Pemantauan Suhu Pengelasan *Friction Welding* Magnesium

Pengelasan *friction welding* merupakan pengelasan yang memanfaatkan panas yang dihasilkan dari gesekan dua permukaan bahan las hingga permukaan hampir mencapai titik leburnya yang kemudian diberikan gaya tekan sehingga bahan dapat tersambung. Pada prosesnya penyambungannya suhu pengelasan sangatlah berpengaruh pada hasil pengelasan, suhu pengelasan yang tidak cukup tinggi mengakibatkan bahan yang akan disambung tidak dapat berdifusi atau menyatu adalah penting bahwa selama proses tersebut, suhu maksimum juga tidak melebihi titik leleh bahan berikat (Ambroziak, 2011).

2.1.5.6 Aplikasi *Friction Welding*

Friction welding biasanya digunakan untuk mengelas bermacam-macam poros dan komponen *tubular*. *Friction welding* dapat dijumpai dibidang otomotif, pesawat terbang, peralatan pertanian, dan migas. Pada gambar 2.8 merupakan macam – macam aplikasi pengelasan gesek.

1) *Engine Valve*



2). *Turbo Impeller Shaft*



3). *Rear Axle Housing End*



4). *Impeller*



Gambar 2.8 Aplikasi pengelasan gesek (Izumi, 2013)

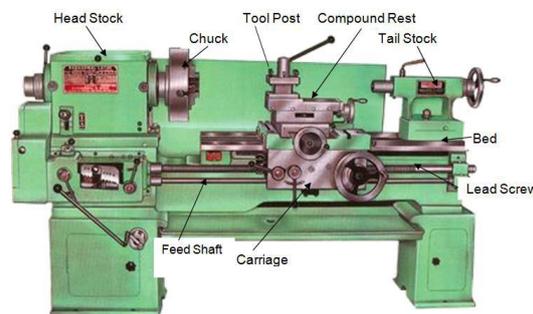
2.2 Proses Permesinan

Proses pemesinan adalah proses produksi yang menggunakan beberapa mesin perkakas dengan cara memanfaatkan gerak relatif pada mata pahat dengan benda kerja sehingga menghasilkan suatu produk dengan dimensi dan geometri yang diharapkan. Mata pahat yang digunakan diklasifikasikan sebagai pahat bermata

potong tunggal (*single point cutting tool*) dan pahat bemata potongan jamak (*multiple point cutting tool*), pahat dapat melakukan gerak potong (*cutting*) dan gerak makan (*feeding*). (Widarto, dkk. 2008)

2.2.1 Mesin Bubut

Mesin bubut merupakan mesin yang berfungsi membentuk material dengan cara menyayat benda kerja yang berputar dengan pahat yang bergerak melintang. Proses pembubutan adalah proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Adapun gambar mesin bubut dapat dilihat pada gambar 2.9 (Syamsudin, 1999).



Gambar 2.9 Mesin bubut (Pandiangan, 2013)

Mesin bubut adalah seperangkat mesin yang beroperasi untuk membentuk benda silinder adapun beberapa bagian-bagian utama mesin bubut yang utama sebagai berikut :

1. Kepala Tetap (*Head Stock*)

Kepala tetap (*head stock*), terdapat *spindle* utama mesin yang berfungsi sebagai dudukan beberapa perlengkapan mesin bubut diantaranya: cekam

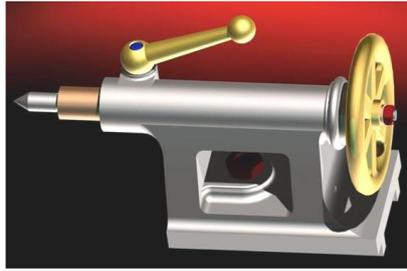
(*chuck*), kollet, senter tetap, atau pelat pembawa rata (*face plate*) dan pelat pembawa berekor (*driving plate*). Alat-alat perlengkapan tersebut dipasang pada *spindle* mesin berfungsi sebagai pengikat atau penahan benda kerja yang akan dikerjakan pada mesin bubut. Dapat dilihat pada gambar 2.10 merupakan *spindle* pada mesin bubut.



Gambar 2.10 *Spindle* utama mesin bubut (Pandiangan, 2013)

2. Kepala Lepas (*Tail Stock*)

Kepala lepas (*tail stock*) digunakan sebagaiudukan senter putar (*rotary centre*), senter tetap, cekam bor (*chuck drill*) dan mata bor bertangkai tirus yang pemasanganya dimasukkan pada lubang tirus (*sleeve*) kepala lepas. Senter putar (*rotary centre*) atau senter tetap dipasang pada kepala lepas dengan tujuan untuk mendukung ujung benda kerja agar putarannya stabil, sedangkan cekam bor atau mata bor dipasang pada kepala lepas dengan tujuan untuk proses pengeboran. Untuk dapat melakukan dorongan senter tetap/senter putar pada saat digunakan untuk menahan benda kerja dan melakukan pengeboran pada kedalaman tertentu sesuai tuntutan pekerjaan, kepala lepas dilengkapi roda putar yang disertai sekala garis ukur (*nonius*) dengan ketelitian tertentu, yaitu antara 0,01 s.d 0,05 mm. Dapat dilihat pada gambar 2.11 bentuk kepala lepas (*tailstock*) pada mesin bubut pada umumnya



Gambar 2.11 Kepala Lepas (*tail stock*) (Pandiangan, 2013)

3. Alas/Meja Mesin (*Bed machine*)

Alas/meja mesin bubut digunakan sebagai tempat kedudukan kepala lepas, eretan, penyangga diam (*steady rest*) dan merupakan tumpuan gaya pemakanan pada waktu pembubutan. Bentuk alas/meja mesin bubut bermacam – macam, ada yang datar dan ada yang salah satu atau kedua sisinya mempunyai ketinggian tertentu. Selain itu, alat/meja mesin bubut memiliki permukaannya yang sangat halus, rata dan kedataran serta kesejajarannya dengan ketelitian sangat tinggi, sehingga gerakan kepala lepas dan eretan memanjang di atasnya pada saat melakukan penyayat dapat berjalan lancar dan stabil sehingga dapat menghasilkan pembubutan yang presisi. Apabila alas ini sudah aus atau rusak, akan mengakibatkan hasil pembubutan yang tidak baik atau sulit mendapatkan hasil pembubutan yang sejajar. Dapat dilihat pada gambar 2.12 bentuk alas (*bed mesin*) pada mesin bubut konvensional



Gambar 2.12 Alas (*bed mesin*) (Pandiangan, 2013)

4. Eretan (*carriage*)

Eretan (*carriage*), terdiri dari tiga bagian/elemen diantaranya, Pertama eretan memanjang (*longitudinal carriage*) berfungsi untuk melakukan gerakan pemakanan arah memanjang mendekati atau menjauhi *spindle* mesin, secara manual atau otomatis sepanjang meja/alas mesin dan sekaligus sebagai dudukan eretan melintang, eretan melintang (*cross carriage*) berfungsi untuk melakukan gerakan pemakanan arah melintang mendekati atau menjauhi sumbu senter, secara manual/otomatis dan sekaligus sebagai dudukan eretan atas, eretan atas (*top carriage*), berfungsi untuk melakukan pemakanan secara manual kearah sudut yang dikehendaki sesuai penyetelannya. Bila dilihat dari konstruksinya, eretan melintang bertumpu pada eretan memanjang dan eretan atas bertumpu pada eretan melintang. Dengan demikian apabila eretan memanjang digerakkan, maka eretan melintang dan eretan atas juga ikut bergerak/bergeser. Dapat dilihat gambar 2.13 merupakan bentuk eretan pada mesin bubut konvensional



Gambar 2.13 Eretan (*carriage*) memanjang, melintang dan atas (Pandiangan, 2013)

5. Tuas (*Handle*)

Tuas (*handle*) pada setiap mesin bubut dengan merk atau pabrikan yang berbeda pada umumnya memiliki posisi/letak dan cara penggunaannya. Maka dari itu, didalam mengatur *handle* pada setiap melakukan proses pembubutan harus berpedoman pada tabel – tabel petunjuk pengaturan yang terdapat pada mesin bubut tersebut. Pada gambar 2.14 dapat dilihat gambar tuasa (*handle*) pada mesin bubut konvensional.



Gambar 2.14 Tuas pengatur kecepatan dan pengubah arah putaran transportir (Pandiangan, 2013)

2.3 Magnesium

Magnesium adalah unsur kedelapan yang paling berlimpah dan sekitar 2% dari berat kerak bumi merupakan unsur yang paling banyak ketiga terlarut dalam air laut. Magnesium sangat melimpah di alam dan ditemukan dalam bentuk mineral penting didalam bebatuan, seperti dolomit, magnetit, dan olivin. Ini juga ditemukan dalam air laut, air asin bawah tanah dan lapisan asin. Ini adalah logam struktural ketiga yang paling melimpah dikerak bumi, hanya dilampaui oleh

aluminium dan besi. Amerika Serikat secara umum menjadi pemasok utama dunia logam ini. Amerika Serikat memasok 45% dari produksi dunia, bahkan pada tahun 1995 dolomit dan magnesit ditambang sampai sebatas 10 juta ton per tahun di negara – negara seperti Cina, Turki, Korea Utara, Slowakia, Austria, Rusia dan Yunani.

Aplikasi senyawa Magnesium digunakan sebagai bahan tahan api dalam lapisan dapur api untuk menghasilkan logam (besi dan baja, logam *nonferrous*), kaca, dan semen. Dengan kepadatan hanya dua pertiga dari aluminium, magnesium memiliki banyak aplikasi dalam kasus dimana berat yang ringan sangat penting, yaitu dalam konstruksi pesawat terbang dan rudal. Ia juga memiliki banyak kegunaan kimia dan sifat metalurgi yang baik, sehingga membuatnya sesuai untuk berbagai aplikasi non-struktural lainnya. Magnesium banyak digunakan dalam industri dan pertanian. Kegunaan lain meliputi: penghapusan bentuk belerang besi dan baja, pelat *photoengraved* dalam industri percetakan, mengurangi agen untuk produksi uranium murni dan logam lainnya dari garamnya, fotografi senter, *flare*, dan kembang api. Magnesium memiliki perbedaan dengan logam – logam lain termasuk dengan aluminium, besi tembaga dan nikel dalam sifat pengerjaannya dimana magnesium memiliki struktur yang berada didalam kisi hexagonal sehingga tidak mudah terjadi slip. Disamping itu, presentase perpanjangannya hanya mencapai 5% dan hanya mungkin dicapai melalui pengerjaan panas.

2.3.1 Sifat Fisik Magnesium

Pada masing masing material logam memiliki sifat fisik yang terbentuk

dari beberapa paduan yang membentuknya. Adapun sifat fisik dari material magnesium dapat dijelaskan pada tabel 2.1 sebagai berikut :

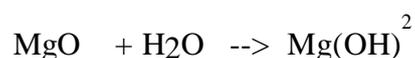
Tabel 2.1 Sifat fisik magnesium

Sifat fisik	Magnesium paduan
Titik Cair, K	922 K
Titik Didih, K	1380 K
Energi Ionisasi 1	738 kJ/mol
Energi Ionisasi 11	1450 kJ/mol
Kerapatan massa (ρ)	1,74 g/cm ³
Jari-jari atom	1,60 Å
Kapasitas Panas	1,02 J/gK
Potensial Ionisasi	7,646 Volt
Konduktivitas Kalor	156 W/mK
Entalpi Penguapan	127,6 kJ/mol
Entalpi Pembentukan	8,95 kJ/mol

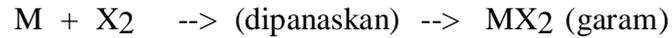
2.3.2 Sifat Kimia Magnesium

Adapun sifat kimia dari magnesium yaitu sebagai berikut :

1. Magnesium oksida merupakan oksida basa sederhana.
2. Reaksi dengan air :



3. Reaksi dengan udara: Menghasilkan MO dan M₃N₂ jika dipanaskan.
4. Reaksi dengan Hidrogen: tidak bereaksi
5. Reaksi dengan klor:



2.3.3 Sifat Mekanik Magnesium

Rapat massa magnesium adalah 1,738gram/cm³. Magnesium murni memiliki kekuatan tarik sebesar 110N/mm² dalam bentuk hasil pengecoran (*Casting*). (Yunus, 2012).

2.3.4 Penerapan Magnesium Paduan

Magnesium paduan Cor yang dibentuk dengan cetakan pasir (*Sand-Cast*) banyak digunakan dalam pembuatan *block – block engine* pada motor bakar, sedangkan Magnesium yang dibentuk dengan *Pressure Die – Casting* banyak digunakan dalam pembuatan peralatan rumah tangga dan kelengkapan kantor. Magnesium Cor tempa dibentuk dengan cara ekstrusi dan digunakan sebagai trap dan relling tangga. Magnesium paduan juga digunakan dalam Teknologi *Nuclear* sebagai tabung Uranium dimana Magnesium sangat rendah dalam penyerapan Neutron pada penampang lintang. (Lukman, 2008).

2.3.5 Manfaat Magnesium

Adapun manfaat dari magnesium yaitu sebagai berikut :

1. Magnesium dapat digunakan untuk memberi warna putih terang pada kembang api dan pada lampu Blitz.
2. Senyawa MgO dapat digunakan untuk melapisi tungku, karena senyawa MgO memiliki titik leleh yang tinggi.
3. Senyawa Magnesium Hidroksida digunakan dalam pasta gigi untuk mengurangi asam yang terdapat di mulut dan mencegah terjadinya

kerusakan gigi, sekaligus sebagai pancegah maag.

4. Membuat campuran logam semakin kuat dan ringan sehingga biasa digunakan pada alat – alat rumah tangga.

2.4 Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah mikrokontroller berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu men-*support* mikrokontroller; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Pada gambar 2.15 merupakan gambar arduino uno yang terdapat di pasar



Gambar 2.15 Arduino uno

Arduino memiliki kelebihan tersendiri disbanding *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramanya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika kita memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan

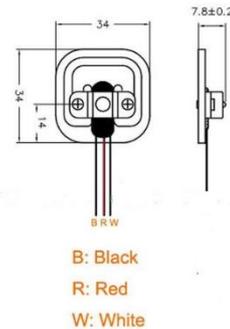
board mikrokontroler yang lain masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler.

Port USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai *port* komunikasi serial. Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai output digital jika diperlukan output digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam *board*, kita bisa melihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan board 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai pin output digital 14-16. Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan *syntax* bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.

2.5 Sensor Berat

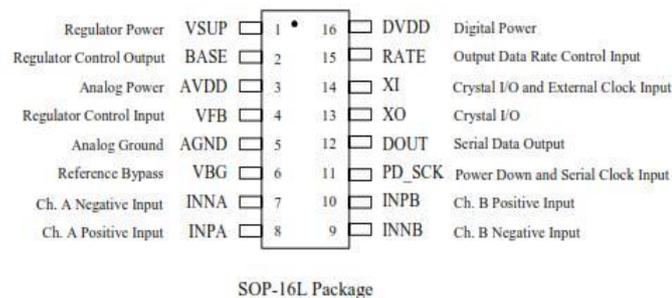
Sensor berat (*load cell*) merupakan jenis sensor yang memiliki fungsi untuk mengukur massa benda dan *load cell* atau sensor berat, apabila *load cell* diberi beban pada inti besinya maka nilai resistansi *distrain gauge* akan berubah. Umumnya *load cell* terdiri dari 4 buah kabel, dimana dua kabel sebagai eksistensi dan dua kabel lainnya sebagai sinyal keluaran, *load cell* adalah alat electromekanik yang biasa disebut *transducer*, yaitu gaya yang bekerja berdasarkan prinsip deformasi sebuah material akibat adanya tegangan mekanis yang bekerja, kemudian merubah gaya mekanik menjadi sinyal listrik. Untuk menentukan

tegangan mekanis didasarkan pada hasil penemuan Robert Hooke, bahwa hubungan antara tegangan mekanis dan deformasi yang diakibatkan disebut regangan. Regangan ini terjadi pada lapisan kulit dari material sehingga memungkinkan untuk diukur menggunakan sensor regangan. Pada gambar 2.16 merupakan gambar skema *load cell* dengan dimensinya



Gambar 2.16 *Load cell* 50 kg

Sensor *load cell* tersebut tidak dapat berdiri sendiri, melainkan terdapat sebuah penguat agar tegangan yang dihasilkan dapat terbaca. Oleh karena itu, dalam tulisan dipaparkan mengenai modul penguat yang cocok untuk sensor *strain gauge* yaitu modul HX711. HX711 merupakan jenis modul timbangan, yang memiliki prinsip kerja mengkonversi nilai perubahan yang terukur dalam perubahan nilai resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran teganga.

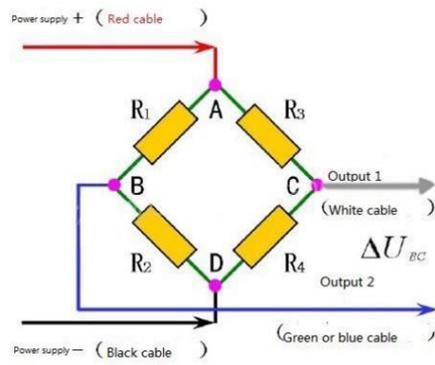


Gambar 2.17 PIN HX711

Tabel 2.2 Spesifikasi HX711

Aspek	HX711
Struktur	Sederhana
Sensitifitas	Tinggi
Tegangan <i>Input</i>	5V DC
Frekuensi	80Hz
Pin <i>Input</i>	4 Pin
Pin <i>Output</i>	6 Pin

Pada tabel 2.2 menjelaskan spesifikasi pada PIN HX711 yang terdapat pada gambar 2.17. Prinsip kerja dari modul HX711 yaitu ketika bagian lain yang lebih elastik mendapat tekanan, maka pada sisi lain akan mengalami perubahan tegangan yang sesuai dengan yang dihasilkan oleh *strain gauge*, hal ini terjadi karena ada gaya yang seakan melawan pada sisi lainnya. Perubahan nilai resistansi yang diakibatkan oleh perubahan gaya tersebut diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian pengukuran yang ada. Nilai massa dari objek yang diukur dapat diketahui dengan mengukur besarnya nilai tegangannya. Untuk bentuk konfigurasi letak sambungan kabel *load cell* dapat dilihat pada gambar 2.18 dan 2.19.



Gambar 2.18 Konfigurasi kabel *load cell*



Gambar 2.19 Sambungan sensor *load cell* dengan modul HX711

III. METODOLOGI PENELITIAN

Tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan metode perancangan pembuatan otomasi dan pengujian merancang sistem kerja motor listrik untuk menggerakkan *quill tail stock* maju – mundur dan menggunakan *mikrokontroler* sebagai sistem kendali pada sensor yang akan digunakan agar dapat mengolah data yang dihasilkan oleh sensor sehingga menjadi angka dan dapat dianalisa hasil pengelasannya (*friction welding*) oleh komputer. Secara rinci metode yang akan dilakukan dalam melaksanakan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut :

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun tempat dan waktu pelaksanaan penelitian tugas akhir yaitu sebagai berikut:

3.1.1 Tempat Penelitian

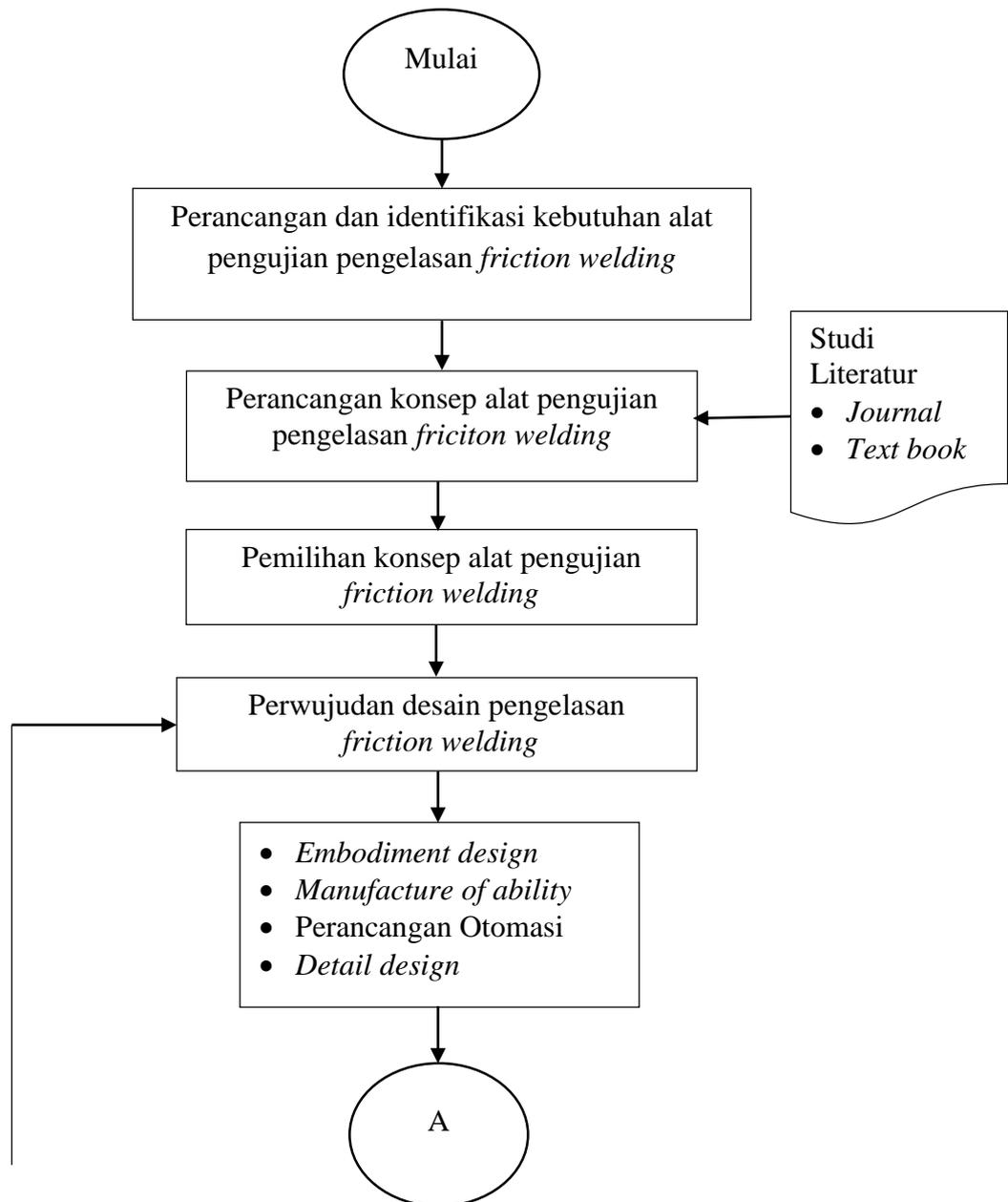
Proses perancangan model dilakukan di Laboratorium Teknologi Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

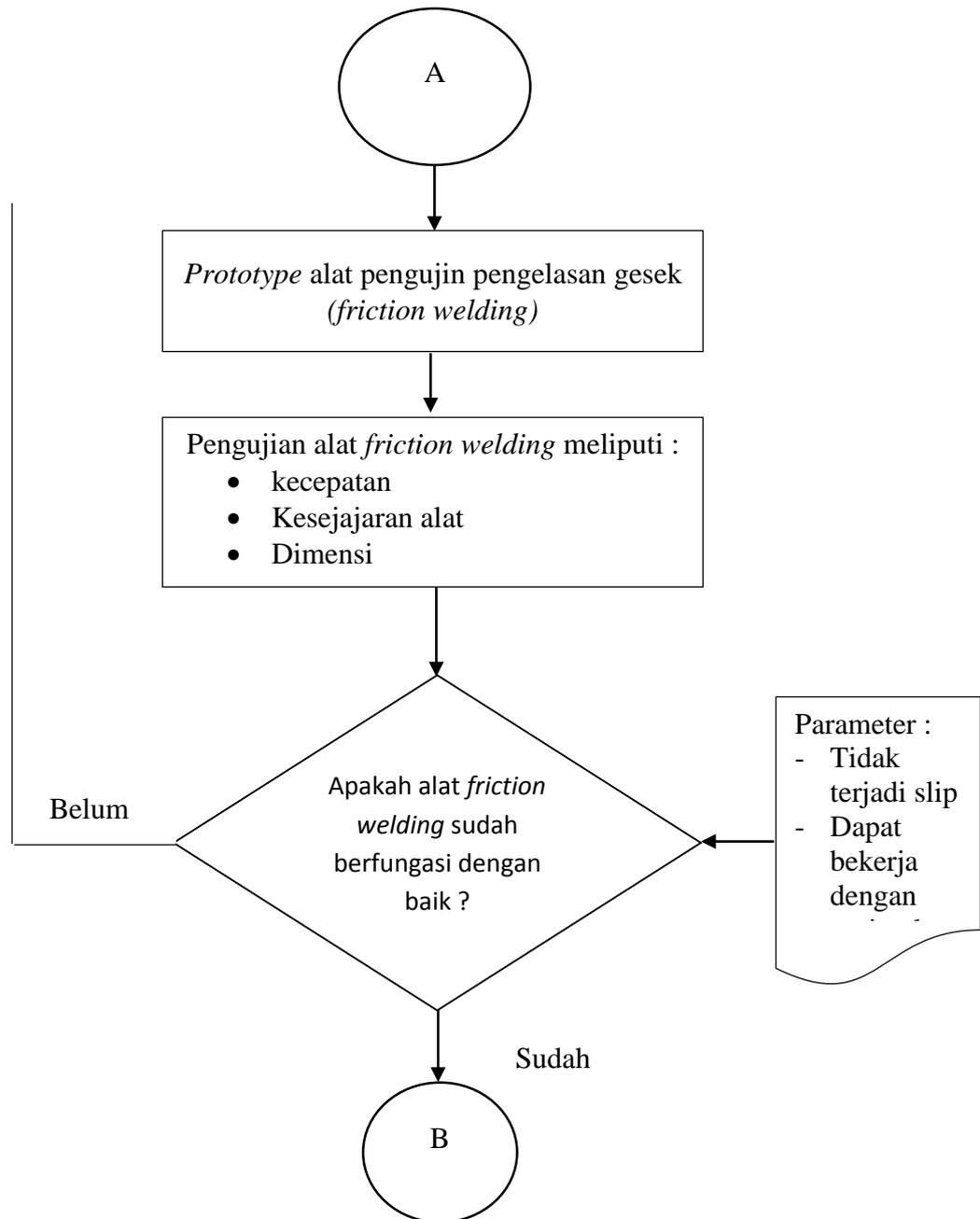
3.1.2 Waktu Penelitian

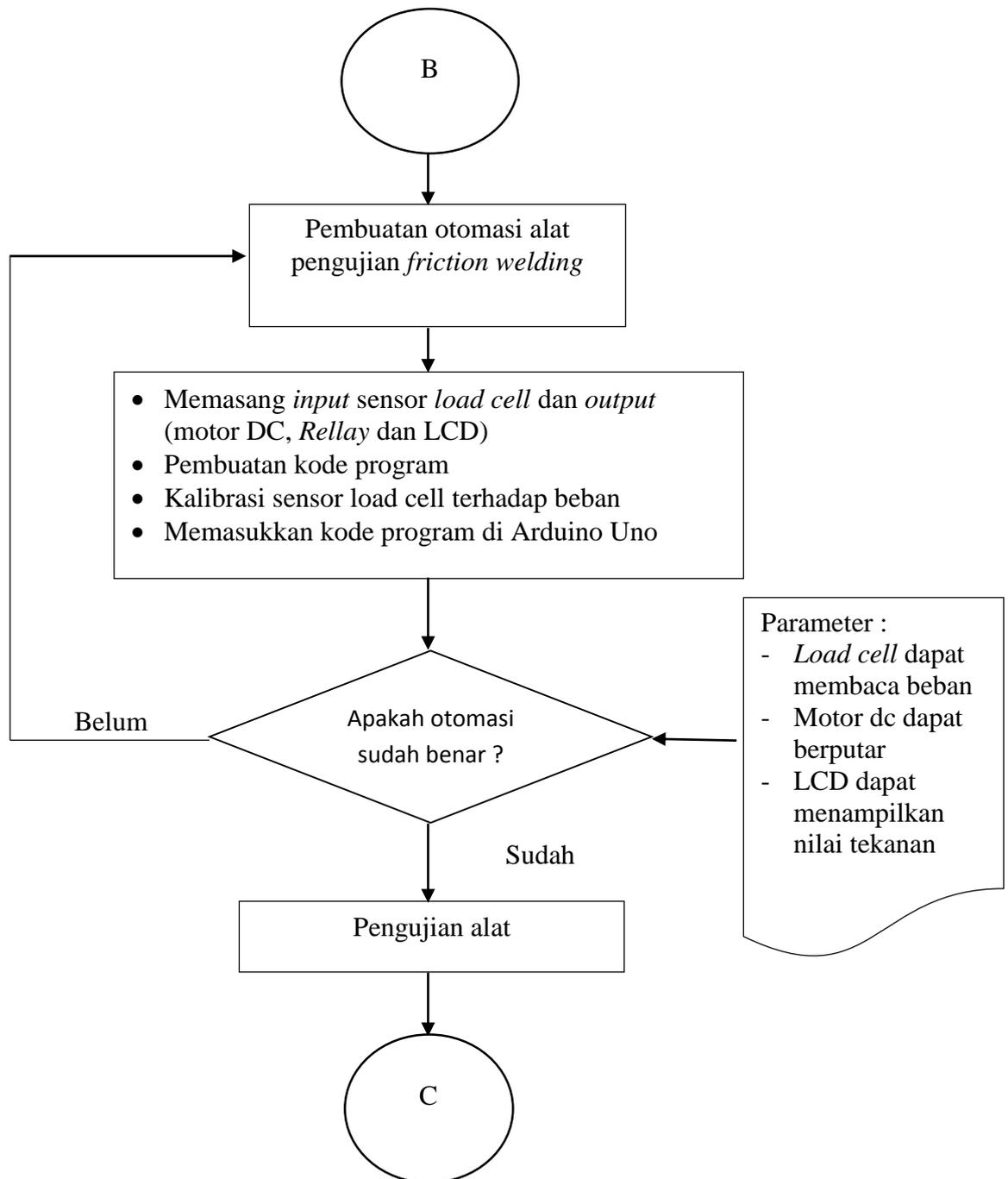
Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Maret 2018 hingga bulan Januari 2019.

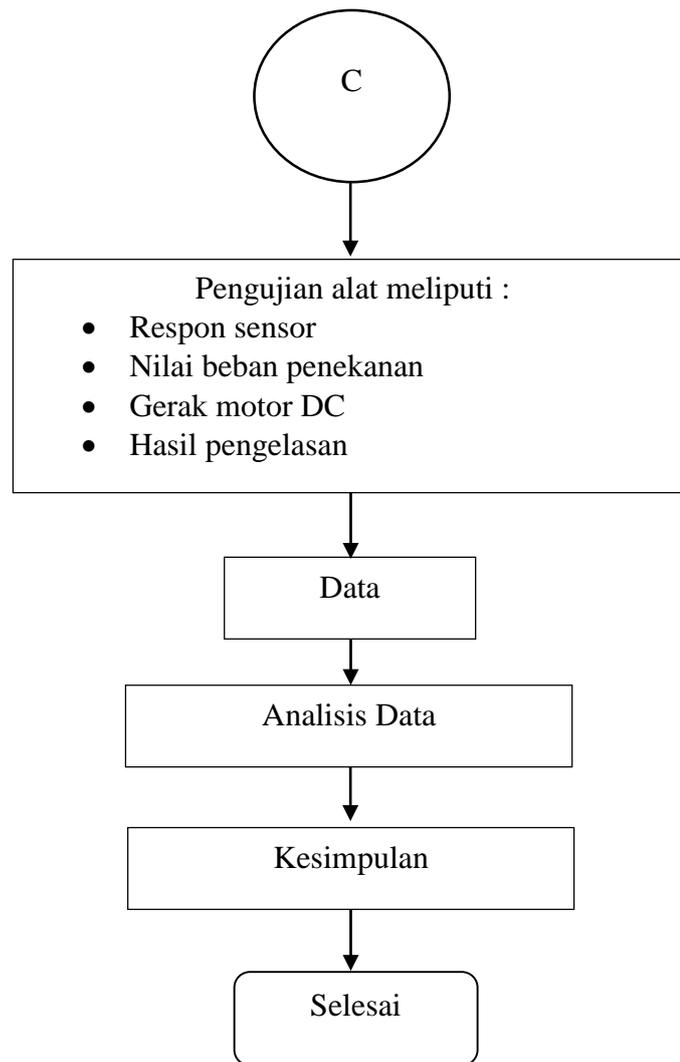
3.2 Diagram Alir Penelitian

Adapun urutan langkah dalam proses pelaksanaan yang akan dilakukan dalam penelitian ini dijabarkan secara makro dalam diagram alir tugas akhir (gambar 3.1) :









Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

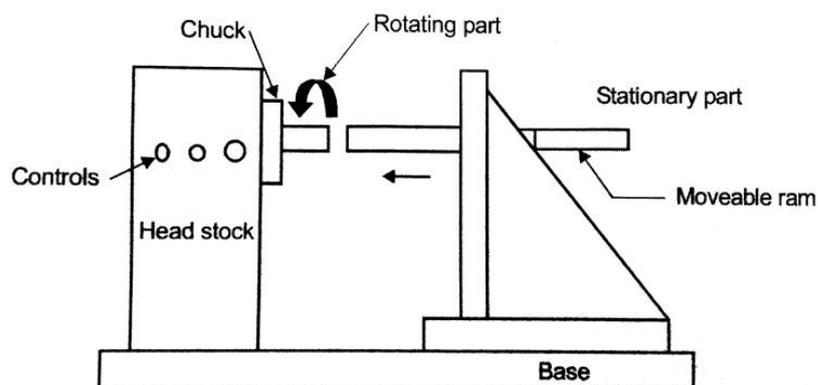
3.3 Konsep

Dalam proses rancang bangun agar dapat berjalan dengan lancar, maka sebaiknya dibuat sebuah perencanaan terlebih dahulu sehingga dapat meminimalisasi masalah yang akan timbul dalam pelaksanaannya. Rancangan alat las gesek dibuat untuk menyesuaikan dengan dimensi yang ada pada mesin bubut tepatnya diujung belakang mesin bubut sebagai pengganti *tail stock* pada mesin

bubut. Model alat las gesek ini serupa dengan *tail stock* pada mesin bubut pada umumnya, pada konsep pembuatan alat pengelasan gesek ini sedikit memodifikasi *quill* yang terletak pada *tail stock* pada mesin bubut dengan mekanisme dapat bergerak maju dan mundur sehingga tekanan yang diberikan menjadi lebih konstan dan dapat membaca tekanan yang terjadi pada pengelasan seberapa besar tekanan yang diterima. Untuk mekanisme letak pada alat pengelasan gesek dapat dilihat pada gambar 3.2 pada mesin bubut *pinacho*.



Gambar 3.2 Mesin Bubut *Pinacho*



Gambar 3.3 Sketsa alat pengelasan *friction welding*

Pada penelitian pengelasan gesek sebelumnya masih menggunakan alat las gesek manual, memanfaatkan *quill tail stock* pada mesin bubut Laboratorium Teknik Mesin untuk melakukan pengelasan. Hasil pengelasannya kurang baik dan data beban tekan tidak ada sehingga perlunya alat las gesek yang mampu mengatasi kekurangan pengujian sebelumnya. Sebelum merancang alat las gesek tersebut sebaiknya penulis membuat desain konsep terlebih dahulu agar dapat mempertimbangkan apa saja data yang dibutuhkan dalam membuat alat tersebut dan apakah alat tersebut dibuat. Adapun desain konsep rangka pada pengelasan las gesek dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Desain konsep alat pengelasan gesek

No.	Sub fungsi	Alternatif <i>configurasi/morphology</i>		
1.	<i>Driver</i>	Motor DC	Motor AC	
2.	Transmisi / <i>Converter</i>	<i>Coupling</i>	Sabuk	Rantai
3.	Rangka	Baja	Besi cor	Galvanis
4.	Mekanisme <i>setting</i> alat	Pemasangan unit sebagai pengganti <i>tail stock</i>	Pemasangan unit pada <i>tool post</i>	

		Modifikasi <i>tailstock</i> sebagai rangka	Pembuatan desain baru	Pembuatan desain baru dengan menambahkan linear bearing
		Menggunakan <i>chuck</i> sebagai penjepit material	Menggunakan ragum sebagai penjepit material	

Tabel 3.1 merupakan tabel desain konsep rangka yang dapat diajukan sebagai alternatif desain yang menjelaskan bahwa *converter* memiliki pilihan komponen alternatif yaitu motor AC dan motor DC. Motor ini memiliki fungsi sebagai pengatur kecepatan dan gerak alat dengan proses kerja menaikkan dan menurunkan tegangan listrik pada motor. Pada proses penerusan motor selanjutnya terdapat transmisi penyambung daya pada yang akan digunakan pada alat *friction welding* dan memiliki 3 komponen alternatif yang digunakan antara lain sabuk (*v-belt*), rantai dan *coupling*, transmisi ini akan melanjutkan daya yang didapat pada motor listrik lalu disambungkan ke poros ulir. Pada mekanisme *setting* berfungsi agar alat dapat bergerak dengan *fleksibel* maju dan mundur pada mesin bubut maka terdapat 2 mekanisme peletakan alat pada mesin bubut yaitu pemasangan alat sebagai pengganti *tail stock* dan pemasangan unit diletakan diatas *tool post*, sehingga pemilihan mekanisme harus mendukung kriteria tersebut. Selanjutnya pada pemasangan material yang akan digunakan alternatif 2 pemilihan penjepit yaitu

chuck dengan 3 mata dan ragum penjepit dengan 2 mata. Adapun matriks pemilihan konsep alat *friction welding* dapat dilihat pada tabel 3.2 :

Tabel 3.2 Matriks pemilihan konsep alat

Kriteria	Konsep		
	Model 1	Model 2	Model 3
Berat beban	Cukup	baik	Sangat baik
Daya penerus	Baik	Cukup	Sangat baik
Rangka	Sangat baik	Cukup	Cukup
Kalibrasi alat	baik	Sangat baik	Sangat baik
Keselamatan pengguna	Baik	cukup	Baik
Pemeliharaan	baik	baik	Baik
Prakitan	baik	Cukup	Baik
Kesedian material	cukup	baik	Sangat baik

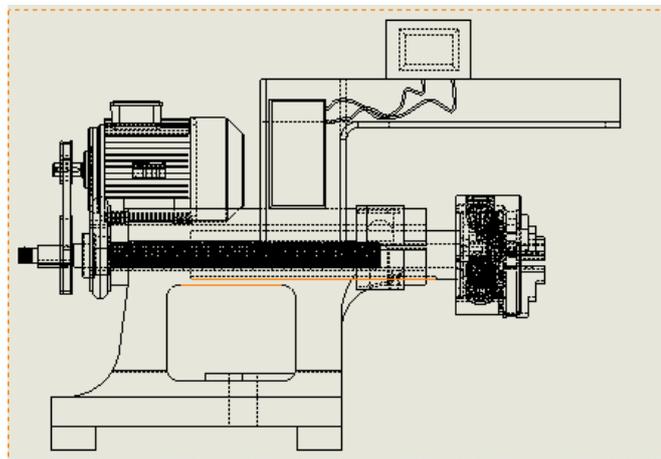
Keterangan :

- Konsep model 1 dapat digunakan apabila ketersediaan *tail stock* terdapat dipasaran.
- Konsep model 2 dapat digunakan jika komponen mudah dipasaran dan tidak sulit dalam perakitan.

- Konsep model 3 dapat digunakan karena mudah dalam pembuatan dan tersedianya komponen dipasaran.

3.3.1 Konsep Desain I

Pada desain I memodifikasi bentuk *tail stock* yang sudah ada, rangka yang digunakan pada desain ini menggunakan *tail stock* pada mesin bubut agar lebih mudah dalam mengkalibrasi alat saat dirakit dan disatukan pada mesin bubut, selanjutnya motor listrik yang digunakan diletakkan dibagian atas untuk memudahkan transmisi daya yang keluar ke *chuck*, transmisi yang digunakan menggunakan *gear* dan rantai untuk meminimalisir ternyadinya kegagalan dalam transmisi, dalam menjepit benda kerja digunakan *chuck* agar lebih presisi dan lebih aman. Berikut pada gambar 3.4 merupakan konsep desain I alat las gesek (*friction welding*)



Gambar 3.4 Konsep desain I alat las gesek

Pada konsep desain I ini memanfaatkan *tail stock* pada mesin bubut untuk digunakan sebagai rangka alat serta *gear* dan rantai sebagai transmisinya. Konsep

desain alat pengelasan gesek ini dapat dilihat pada gambar 3.4 adapun Keuntungan dan kekurangan dari konsep ini sebagai berikut :

1. Kelebihan

Adapun kelebihan dari konsep dari desain lain adalah sebagai berikut :

- Alat ini mudah dikalibrasi
- Tidak memakan banyak tempat
- Mudah dalam perakitan.

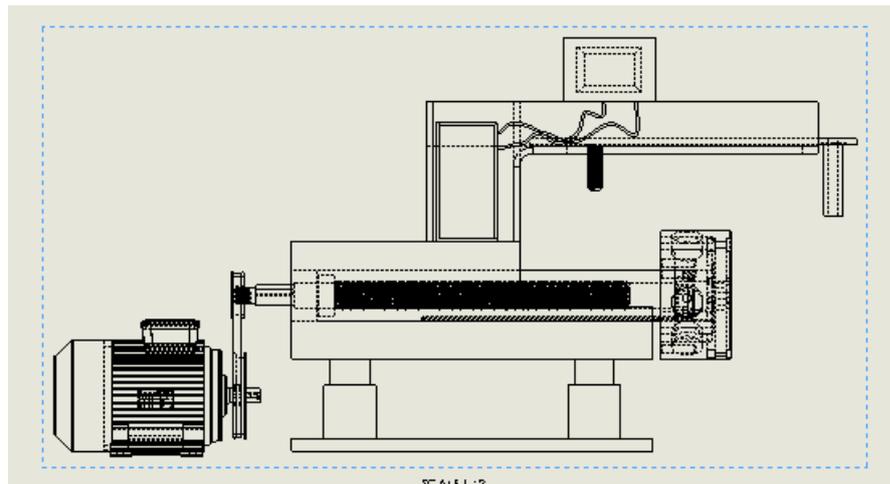
2. Kekurangan

Adapun kekurangan dari desain ini adalah sebagai berikut :

- Sulitnya mencari alat yang sesuai dengan dimensi mesin bubut
- Ketidak sediannya alat di pasaran
- Harganya yang mahal

3.3.2 Konsep Desain II

Pada konsep desain struktur II yang digunakan hampir sama dengan desain I hanya saja pada desain II ini menambahkan kaki dibagian bawahnya ditambahkan linear *bearing* yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan rangka agar dapat sejajar atau senter dengan *chuck* yang terdapat pada mesin bubut. Selanjutnya sama halnya dengan desain I menggunakan motor listrik DC sebagai penggerak dan *chuck* sebagai penjepit pada benda kerjanya. Berikut pada gambar 3.5 merupakan konsep desain 2 alat las gesek (*friction welding*).



Gambar 3.5 Konsep desain II alat las gesek

Pada konsep desain II menambah linear bearing untuk memudahkan dalam meluruskan benda kerja yang akan dilas dengan titik senter cekam pada mesin bubut. Konsep desain alat ini dapat dilihat pada gambar 3.5 Adapun keuntungan dan kekurangan dari konsep ini yaitu sebagai berikut:

1. Kelebihan

Kelebihan dari konsep desain ini dibandingkan dari desain lain adalah sebagai berikut :

- Terdapat kemudahan dalam mengkalibrasi tinggi alat pada kaki – kaki yang terletak pada bagian bawahnya.
- Dapat menahan beban yang berat dengan adanya dudukan pada poros.

2. Kekurangan

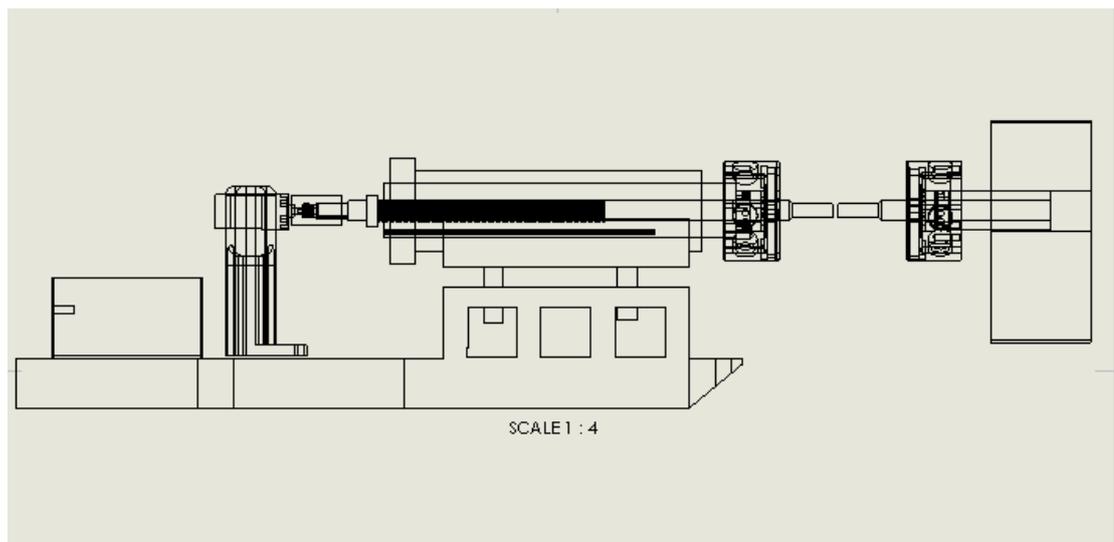
Kekurangan yang terdapat pada dari konsep ini adalah sebagai berikut :

- Diperlukannya mekanisme penggerak pada kaki – kaki rangka alat.
- Konstruksi yang lebih rumit karena mekanisme yang sulit.

- Membutuhkan banyak proses pembuatan pada rangkanya.

3.3.3 Konsep Desain III

Pada desain III berbeda dengan desain I dan II. Pada desain ini penulis rancang kembali bentuk rangka yang akan digunakan agar dapat disesuaikan dengan *bed* atau alas pada *tail stock* mesin bubut, rangka yang digunakan pada desain ini berbentuk kotak dengan motor listrik DC yang diletakan dibagian belakang dengan transmisi *pulley* dan *v-belt* serta *chuck* atau Cekam dengan 3 jaw (3 mata penjepit). Berikut pada gambar 3.6 merupakan konsep desain 3 alat las gesek (*friction welding*).



Gambar 3.6 Konsep desain III alat las gesek

Pada konsep desain III memanfaatkan panjang *bed* mesin atau alas *tailstock* untuk menciptakan disain struktur yang lebih aman, oleh karena itu kita membuat konsep disain rangka ulang yang dapat menyesuaikan dengan dimensi *tailstock* dan sejajar dengan titik tengah senter mesin bubut . Konsep desain alat

ini dapat dilihat pada gambar 3.6. Adapun Keuntungan dan kekurangan dari konsep ini sebagai berikut :

1. Kelebihan

Adapun kelebihan yang didapatkan dari konsep ini adalah :

- Harga yang terjangkau
- Mudah dalam mencari komponen di pasaran
- Material yang digunakan lebih ringan
- Konstruksi lebih simple dan efisien

2. Kekurangan

adapun kekurangan dari desain alat ini yaitu :

- Membutuhkan waktu yang lama untuk pengkalibrasian
- Diperlukannya ketelitian lebih dalam mengkalibrasinya

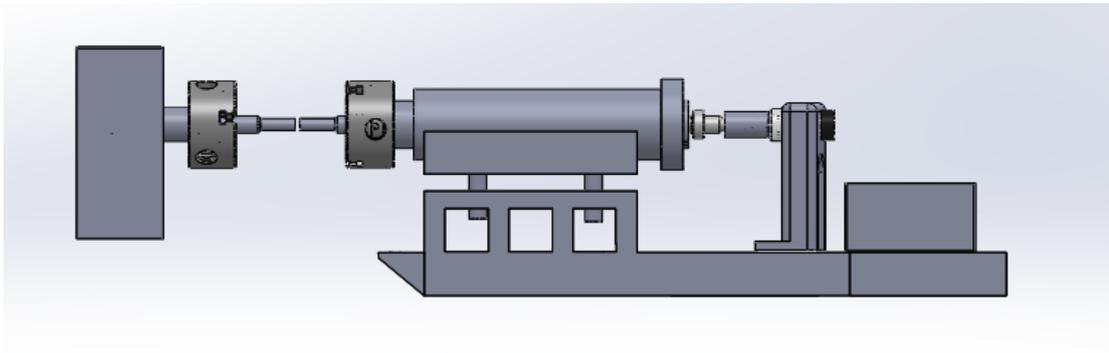
3.4 Pemilihan Konsep Desain

Pemilihan konsep ini bertujuan untuk melanjutkan ketahap pembuatan, dan perakitan alat. Adapun desain struktur yang dipilih adalah konsep yang lebih baik dari konsep yang lainnya, dari segi kemudahan saat dibuat atau disatukan, biaya yang lebih murah, kesediaan komponen di pasaran dan segi keamanannya. Dilihat dari kelebihan dan kekurangan yang ada, konsep III yang paling cocok untuk digunakan dan siap untuk dibuat.

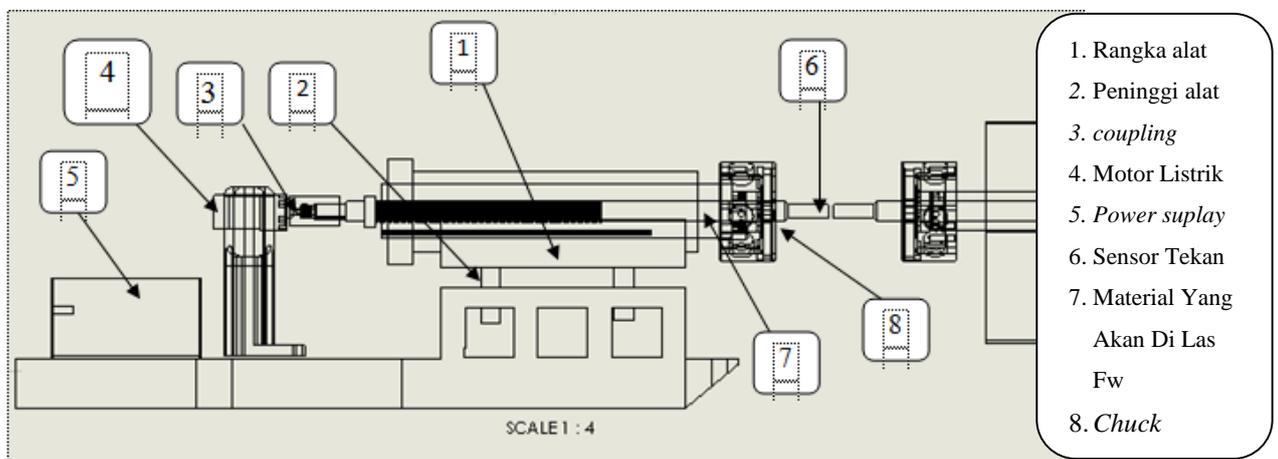
3.5 Desain Alat

Setelah melaksanakan beberapa tahapan proses perencanaan, maka tahapan berikutnya yaitu penyempurnaan desain bentuk dan arsitektur alat. Adapun dengan

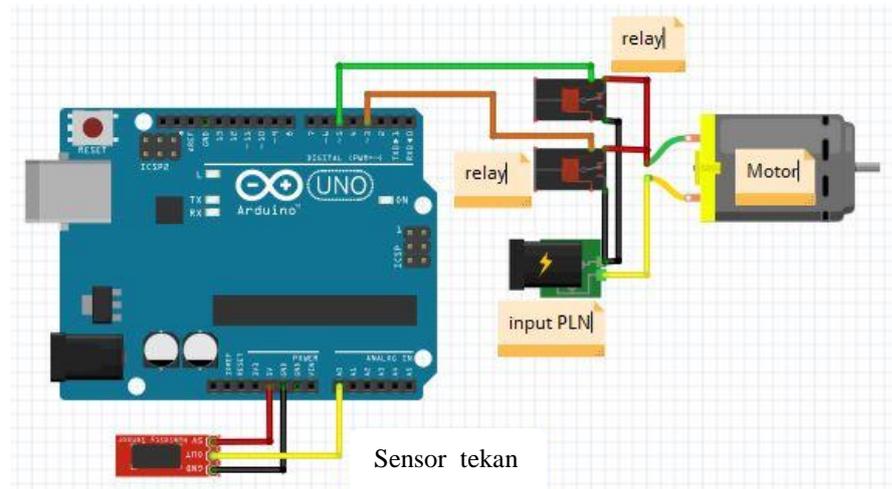
adanya pertimbangan desain konsep III yang dipilih dibandingkan dengan konsep desain yang lainnya dan akan dibuat sebagai alat uji. Berikut gambar 3.7 merupakan alat las gesek yang akan dibuat, pada gambar 3.8 menjelaskan rancangan arsitektur alat *friction welding* dan pada gambar 3.9 menjelaskan struktur *controler* Arduino Uno.



Gambar 3.7 Desain konsep III alat *friction welding*



Gambar 3.8 Rancangan arsitektur alat *fricton welding*



Gambar 3.9 Struktur *control* unit arduino

3.6 Alat Dan Bahan Pembuatan Alat *Friction Welding*

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan alat las gesek yaitu sebagai berikut :

3.6.1 Alat

Adapun alat yang mendukung dalam proses pembuatan yaitu sebagai berikut:

1. Mesin frais

Mesin frais ini digunakan untuk mengurangi diameter pada permukaan rangka alat las gesek sehingga rangka dapat digunakan dan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Mesin frais ini terletak di Laboratorium Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

2. Mesin las

Mesin las ini berfungsi untuk menyambung beberapa komponen pada alat las gesek seperti rangka menyambung rangka sensor,

menyambungkan pelat dan lain lain. Alat ini terletak di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Lampung.

3. Mesin bubut

Pada proses pembuatan alat las gesek, mesin bubut digunakan untuk membubut permukaan benda silinder dan mengulir poros. Mesin bubut yang akan digunakan dalam pembuatan alat las gesek ini terletak di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Lampung.

4. Jangka sorong (*vernier caliper*)

Dalam proses pembuatan alat las jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan dan kedalaman pada proses pembuatan rangka.

5. Meteran

Mengukur dimensi pada mesin bubut dan alat las gesek yang tidak dapat dijangkau ukurannya oleh jangka sorong.

6. Mesin gerinda

Gerinda pada proses penelitian ini terletak di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Lampung. Dalam penelitian kali ini mesin gerinda digunakan untuk memotong batang besin dan rangka.

3.6.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan alat las gesek otomatis dengan pengendali arduino adalah sebagai berikut :

1. Beam profile (U)

Pada proses penelitian ini *beam* batang (U) digunakan untuk rangka pada sensor.

2. Baja aisi ST42

Material ini digunakan untuk membuat rangka pada alat las gesek.

3. *Bearing*

Bearing digunakan untuk menahan beban pros dan mengurangi gesekan, panas dan aus pada poros yang beputar pada roda gigi.

4. Motor listik DC

Sebagai sumber energi penggerak awal pada alat las gesek

5. Cekam / *chuck* bubut (kaki 3)

Berfungsi untuk menjepit benda kerja yang akan dilas dimesin bubut.

6. Sensor tekan

Berfungsi sebagai parameter pengukur tekanan saat benda kerja satu tergesek oleh benda kerja dua yang berputar dimesin bubut.

7. *Mikrokontroler*

Mikrokontroler digunakan sebagai pengontrol atau pengendali rangkaian elektronik dan menyimpan program untuk menggerakkan sensor, adapun data hasil dari kerja sensor akan ditampilkan ke komputer.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Setelah melaksanakan keseluruhan tahapan dalam menyelesaikan merancang, membuat, dan tahap analisa pada alat pengelasan *friction welding* otomatis. Adapun hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Tahap perancangan dan pemilihan desain merupakan tahapan yang sangat penting dalam pembuatan alat pengelasan *friction welding* otomatis.
2. Perlunya mensejajarkan alat dengan *spindle* mesin bubut untuk kalibrasi awal benda kerja yang akan dilas karena akan berdampak pada hasil akhir pengelasan.
3. Dari hasil pengujian alat pengelasan gesek otomatis didapatkan kecepatan *spindle* 950 rpm, didapatkan suhu pengelasan yang terjadi 54 °C dan nilai tekan sebesar 0,8 kg. Sedangkan pada kecepatan *spindle* 1150 rpm didapatkan suhu pengelasan 62°C dan nilai tekan sebesar 0,4 kg. Dan pada putaran *spindle* sebesar 1400 rpm, didapatkan suhu pengelasan yang terjadi 65°C dan nilai tekan sebesar 0,3 kg.
4. Dari hasil pengelasan alat pengelasan *friction welding* otomatis dapat disimpulkan bahwa semakin kecil putaran *spindle* pada mesin bubut maka akan semakin besar nilai tekanan yang didapatkan. Lalu semakin besar

putaran *spindle* yang akan digunakan pada mesin bubut maka semakin besar temperatur yang akan didapatkan pada proses pengelasan.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian alat pengelasan *friction welding* otomatis untuk penelitian selanjutnya :

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengujian las untuk mengetahui kekuatan dan kelayakan hasil pengelasan.
2. Sebaiknya untuk perancangan selanjutnya dapat mengontrol putaran pada motor DC untuk dapat mengatur besar dan kecepatan penekanan pada *quill* sebaiknya putaran motor DC dapat divariasikan secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari, dkk. 2014. *Interpretasi Data Geophysical Well Logging dan Analisis Log Density dengan Kualitas Batubara*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Jakarta.
- Sukandarrumidi. 1995. *Batubara dan Gambut*. Gajah Mada University. Press: Yogyakarta.
- Alfian Ferry Ardianto, 2015. *Kekuatan puntir sambungan las gesek Al-Mg-Si dengan variasi sudut chamferdua sisi dan kekasaran*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Ambroziak. 2011. *Examination of friction coefficient in friction welding process of tubular steel elements*. Jurnal.
- Arifin, Samsul, 1997. *Las Listrik dan Ototen*. Jakarta: Ghalia. Indonesia.
- Bibit Sugito, Agus Dwi Anggono, Damas Prasetyana. 2016. *Pengaruh kedalaman pin (Depth Plunge) terhadap kekuatan sambungan las pada pengelasan gesek AL.5083*. universitas muhammadiyah Surakarta. Solo.
- Buldum, Berat, B., Aydin SIK., Iskender,O., 2011, “*Investigation of Magnesium Alloys Machinability. International Journal of Electronics*”, Mechanical and Mechatronics Engineering Vol 3, No. 3, 361-368.
- Hadi Surya, Lukman. 2008. *Proses Perolehan Magnesium*. Universitas Indonesia. Depok.

- Iswar, M & Syam, R. 2012. *Pengaruh Variasi Parameter pengelasan (Putaran dan Temperatur) Terhadap Kekuatan Sambungan Las Friction Welding Pada Baja Karbon Rendah*. Jurnal. Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.
- Izumi Machine Manufacturing. 2013. *Examples Of Friction Welding*. Diakses pada 26 desember 2017, dari <http://www.en.izumi-mfg.co.jp/fw/examples/>. Pada pukul 13.59.
- Kallee, Stephan and Nicholas, Dave. (1999). *Friction and Forge Welding Processes for The Automotive Industry*. USA: International Body Engineering Conference.
- Lukman, 2008, “*Automotive Applications of Magnesium and Its Alloys*”, *Trans. Indian Inst.*
- Pandiangan, Jhony Bonafarti. 2013. *Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Teknik Mesin Bubut*. Surabaya: SMK Negeri Jaya Nusantara.
- Prasetyono, Sigied dan Subiyanto, Hari. 2012. *Pengaruh Durasi Gesek, Tekanan Gesek dan Tekanan Tempa Terhadap Impact Strength Sambungan Lasan Gesek Langsung Pada Baja Karbon AISI 1045*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Purnomo, Sigit. 2016. *Pengaruh Variasi Putaran Gesek Terhadap Kualitas Sambungan Pada Pengelasan Gesek Continuous Drive Friction Welding Bahan Pipa Kuningan dan Tembaga*. UMY.
- R, Syamsudin. 1999, *Teknik bubut* : Jakarta.
- Sahin, Mumin. 2008. *Joining of stainless-steel and aluminium materials by friction welding*. International journal manufacturing technology. Halm. 487-497.
- Salmon, C.G. and Johnson, J.E. (1990). *Steel Structure: Design and Behavior*, Third Edition, Harper Collins Publisher, USA.
- Salmon, C.G. and Johnson, J.E. (1990). *Steel Structure: Design and Behavior*, Third Edition, Harper Collins Publisher, USA.

- Satoto & Husodo. (2002) *Analisa pengaruh tekanan tempa terhadap struktur mikro dan sifat mekanik baja st 41 (diameter 14 mm dan pelat baja 50 mm) dengan metode direct-drive friction welding sebagai alternatif pembuatan front spring pin t-120*. jurnal. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
- Solihin, 2016 . *pengaruh waktu kontak pada friction welding magnesium az-31 terhadap kualitas sambungan las*. Universitas lampung. Bandarlampung.
- Tiwan dan Ardian Aan. 2005. “*Penyambungan Baja Aisi 1040 Batang Silinder Pejal Dengan Friction Welding*”. Penelitian. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Widarto, dkk. 2008. *Teknik pemesinan*. Departemen pendidikan nasional: Jakarta.
- Wiryosumarto. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wiryosumarto, Harsono, 1991. “*Teknik pengelasan logam,*” Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wiryosumarto,H., dan okumura, T., 1985 *Teknologi pengelasan logam* cetakan ke-3, Paramita, Jakarta.
- Zhongbao Shen, Ranfeng. Qiu, Qingzhe Li, Longlong Hou, Lihu Cui. 2015. *Friction welding of magnesium alloys*. Henan University Of Sciece And Technology, Luoyang.