

**RANCANGAN BANGUN ALAT UJI KEKUATAN
PUNTIR MATERIAL TIPE *ROTARY***

SKRIPSI



oleh

**Febri Dwi Kristanto
NIM H42160539**

**PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
2020**

**RANCANGAN BANGUN ALAT UJI KEKUATAN
PUNTIR MATERIAL TIPE *ROTARY***

SKRIPSI



Diajukan sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Terapan Teknik
(S.Tr.T) di Politeknik Negeri Jember Jurusan Teknik Program Studi Mesin
Otomotif

oleh

Febri Dwi Kristanto
NIM H42160539

PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
2020

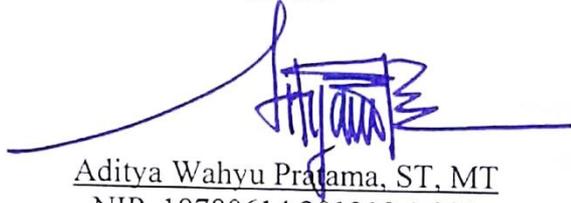
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
JURUSAN TEKNIK

RANCANGAN BANGUN ALAT UJI KEKUATAN PUNTIR
MATERIAL TIPE *ROTARY*

Telah Diuji pada Tanggal 20 Mei 2020

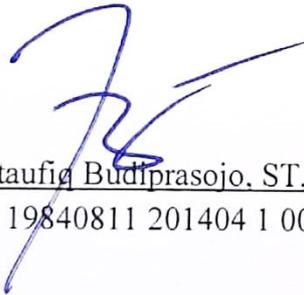
Tim Penguji

Ketua.



Aditya Wahyu Pratama, ST, MT
NIP. 19780614 201310 1 001

Sekretaris,



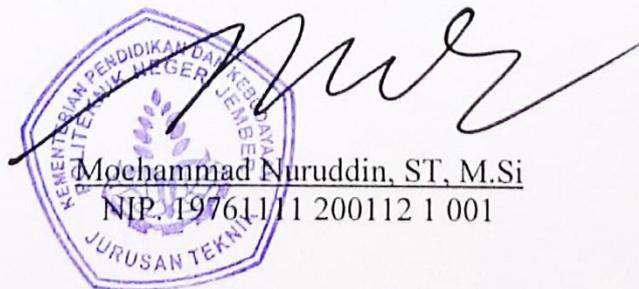
Azamataufig Budiprasojo, ST, MT
NIP. 19840811 201404 1 001

Anggota,



Ahmad Robiul Awal Udin, ST, MT
NIP. 19810119 201404 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik



Mochammad Nuruddin, ST, M.Si
NIP. 19761111 200112 1 001



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Febri Dwi Kristanto

NIM : H42160539

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun Alat Uji Kekuatan Puntir Material Tipe *Rotary*” merupakan gagasan dan hasil karya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir Laporan Skripsi ini.

Jember, 20 Mei 2020

Febri Dwi Kristanto
NIM H42160539



**PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Yang bertandatangan di bawah ini, saya:

Nama : Febri Dwi Kristanto

NIM : H42160539

Program studi : Mesin Otomotif

Jurusan : Teknik

Demi pembangunan Ilmu Pengetahuan, saya menyetujui untuk memebrikan kepada UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas Karya Ilmiah **berupa Laporan skripsi saya yang berjudul:**

**RANCANG BANGUN ALAT UJI KEKUATAN PUNTIR MATERIAL TIPE
*ROTARY***

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember berhak menyimpan, mengalih media atau format, mengelola dalam bentuk Pangkalan Data (Database), mendistribusikan karya dan menampilkan atau mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri jember, Segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas Pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Jember
Pada Tanggal : 20 Mei 2020
Yang menyatakan

Nama : Febri Dwi Kristanto
NIM : H42160539

MOTTO

“Jika kamu ingin hidup bahagia, terikatlah pada tujuan, bukan orang atau benda”

(Albert Einstein)

“Kesempatan bukanlah hal yang kebetulan. Kamu harus menciptakannya”

(Chris Grosser)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga proses penulisan skripsi dengan judul “Rancang Bangun Alat Uji Kekuatan Puntir Material Tipe *Rotary*” sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik di Politeknik Negeri Jember dapat terselesaikan sebagaimana mestinya.

Terselesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari banyaknya dukungan, bantuan, serta masukan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya ingin sampaikan dan saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kelancaran, dan kemudahan yang tiada batas, atas izin-Nya skripsi ini dapat selesai pada waktunya.
2. Kepada Bapak dan Ibu saya yang telah memberikan doa, dukungan serta motivasi tiada henti kepada saya sampai saat ini.
3. Yang terhormat Bapak Azamataufiq Budiprasojo, ST, MT, selaku dosen pembimbing saya. Terimakasih telah membimbing saya dengan sabar dan memberikan pengarahan dalam penyusunan hingga terselesainya tugas akhir ini.
4. Seluruh Dosen D-IV Mesin Otomotif beserta Teknisi, terimakasih atas semua bimbingan dan bantuannya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan maksimal.
5. Almamater tercinta Politeknik Negeri Jember.
6. Sahabat dan Teman-teman Jurusan Teknik, khususnya Mesin Otomotif angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan dan motivasi.

Rancang Bangun Alat Uji Kekuatan Puntir Material Tipe *Rotary* (*Design Build Tool Test Strength Twist Material Rotary Type*). Pembimbing (Azamataufiq Budiprasojo, ST, MT)

Febri Dwi Kristanto
Study Program of Automotive Engineering
Majoring of Engineering
Program Studi Mesin Otomotif
Jurusan Teknik

ABSTRAK

Pengerjaan mekanis di lapangan yang dialami oleh ahli-ahli teknis dalam bidangnya banyak memiliki permasalahan seperti masalah perpatahan material yang sulit untuk diperkirakan kapan terjadinya dan tidak dapat dilihat secara kasat mata seperti apa tanda-tanda akan terjadinya patah. Besar pengaruh suatu beban terhadap kekuatan lelah material poros dapat diketahui melalui pengujian material menggunakan benda uji (spesimen) dan disertai dengan analisa maupun perhitungan secara teliti. Tujuan dari penelitian adalah merancang alat uji kekuatan puntir material tipe *rotary*. Jenis penelitian ini menggunakan penelitian eksperimental. Objek penelitian ini adalah hasil rancangan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary*. Hasil dari penelitian yang didapatkan oleh peneliti terkait perancangan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* yaitu pembuatan desain alat uji dengan menggunakan aplikasi *solidwork*, dan dilanjutkan dengan pembuatan alat uji yang dilakukan dalam beberapa tahap yaitu pengukuran berat material, penggabungan rangka alat uji, perhitungan struktur rangka, dan perhitungan torsi motor. Hasil perancangan alat uji kekuatan puntir akan diuji dengan melakukan komparasi menggunakan alat uji kekuatan putir standar yang menghasilkan selisis dari beban terbesar antara alat uji perancangan dan alat uji standar sebesar 0,28 Nm dengan masing-masing beban terbesar untuk alat uji standar dan alat uji hasil perancangan yaitu 3,37 Nm dan 3,65 Nm. Menyikapi hal tersebut perlu adanya penyesuaian untuk perancangan alat uji dengan cara memberikan kontur terhadap spesimen yang ada di alat uji hasil perancangan sehingga pencekaman lebih optimal. Perbedaan angka dalam patahan spesimen dapat diatasi dengan cara memperpendek jarak lengan beban yang ada pada alat uji hasil perancangan, sehingga pengukurannya lebih presisi.

Kata kunci : rancang bangun, kekuatan puntir

Rancang Bangun Alat Uji Kekuatan Puntir Material Tipe Rotary (*Design Build Tool Test Strength Twist Material Rotary Type*). Pembimbing (Azamataufiq Budiprasojo, ST, MT)

Febri Dwi Kristanto
Study Program of Automotive Engineering
Majoring of Engineering
Program Studi Mesin Otomotif
Jurusan Teknik

ABSTRACT

Mechanical work in the field experienced by technical experts in their fields has many problems such as material fracture problems that are difficult to predict when they occur and cannot be seen in plain sight as to what signs of a break will occur. The magnitude of the effect of a load on the fatigue strength of the shaft material can be known through material testing using test specimens (specimens) and is accompanied by careful analysis and calculation. The aim of this research is to design a rotary type twisting material test equipment. This type of research uses experimental research. The object of this study is the result of the design of the rotary type twisting force test equipment. The results of the study were obtained by researchers related to the design of the rotary type twisting force testing instrument, namely the manufacture of test equipment designs using solidwork applications, and continued with the manufacture of test equipment which was carried out in several stages, namely the measurement of material weight, the incorporation of the test tool frame, the calculation of the frame structure, and motor torque calculation. The results of the design of the torsional strength test equipment will be tested by making comparisons using a standard rotational strength test tool that produces the selisis of the largest load between the design test equipment and the standard test equipment of 0.28 Nm with each of the largest loads for standard test equipment and the design test equipment namely 3.37 Nm and 3.65 Nm. In response to this, it is necessary to make adjustments for the design of the test equipment by giving contours to the specimens in the design test results so that the grip is more optimal. The difference in the number of specimen fractures can be overcome by shortening the distance of the load arm on the design test results, so that the measurement is more precise.

Keyword: *design, twisting strength*

RINGKASAN

Rancang Bangun Alat Uji Kekuatan Puntir Material Tipe *Rotary*, Febri Dwi Kristanto, Nim H42160539, Tahun 2020, 78 hlm., Jurusan Teknik Program Studi D-IV Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Jember, Azamataufiq Budiprasojo, ST, MT

Pengerjaan mekanis di lapangan yang dialami oleh ahli-ahli teknis dalam bidangnya banyak memiliki permasalahan seperti masalah perpatahan material yang sulit untuk diperkirakan kapan terjadinya dan tidak dapat dilihat secara kasat mata seperti apa tanda-tanda akan terjadinya patah. Besar pengaruh suatu beban terhadap kekuatan lelah material porous dapat diketahui melalui pengujian material menggunakan benda uji (spesimen) dan disertai dengan analisa maupun perhitungan secara teliti.

Tujuan penelitian ini adalah merancang alat uji kekuatan puntir material tipe *rotary*. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil rancangan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary*.

Hasil penelitian rancang bangun alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* yaitu pembuatan desain alat uji dengan menggunakan aplikasi *solidwork*, dan dilanjutkan dengan pembuatan alat uji yang dilakukan dalam beberapa tahap yaitu pengukuran berat material, penggabungan rangka alat uji, perhitungan struktur rangka, dan perhitungan torsi motor. Hasil perancangan alat uji kekuatan puntir akan diuji dengan melakukan komparasi menggunakan alat uji kekuatan puntir standar yang menghasilkan selisih dari beban terbesar antara alat uji standar dan alat uji hasil perancangan sebesar 0,28 Nm dengan masing-masing beban terbesar untuk alat uji standar dan alat uji hasil perancangan yaitu 3,37 Nm dan 3,65 Nm.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkat rahmad dan karunia-Nya sehingga penulis karya tulis ilmiah berjudul “Rancang Bangun Alat Uji Kekuatan Material Tipe *Rotary*” dapat diselesaikan dengan baik.

Tulisan ini adalah laporan hasil penelitian yang dilaksanakan mulai bulan September, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) di Program Studi Mesin Otomotif Jurusan Teknik.

Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya sebagai berikut.

1. Saiful Anwar, S.TP, MP selaku Direktur Politeknik Negeri Jember.
2. Mochammad Nuruddin, ST, M.Si selaku ketua jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember.
3. Aditya Wahyu Pratama, ST, MT selaku ketua program studi Mesin Otomotif Politeknik Negeri Jember.
4. Azamataufiq Budiprasojo, ST, MT selaku dosen pembimbing.
5. Bapak dan ibu dosen serta para teknisi Politeknik Negeri Jember
6. Kedua orang tua yang telah mendoakan sepanjang hari.

Laporan Skripsi ini masih kurang sempurna, mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Jember, 20 Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN MAHASISWA.....	iv
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Uji Puntir	4
2.2 Faktor Penyebab Kelelahan.....	4
2.2.1 Faktor Kelembaban Lingkungan	4
2.2.2 Faktor Tipe Pembebanan.....	5

2.2.3 Faktor Putaran	5
2.2.4 Faktor Temperatur (Suhu)	5
2.2.5 Faktor Tegangan Sisa	6
2.2.6 Faktor Komposisi Kimia Material.....	6
2.3 Baja ST-41.....	6
2.4 ASTM (<i>American Society of Testing and Material</i>).....	7
2.4.1 Spesimen	7
2.4.2 Pemilihan dan Persiapan Spesimen.....	8
2.4.3 Metode Pengujian.....	8
2.4.4 Standar Alat Uji.....	9
2.5 Desain Kontruksi.....	10
2.6 Komponen <i>Rotary</i>	14
2.6.1 Poros.....	14
2.6.2 Cekam	15
2.6.3 Motor Listrik	15
2.6.4 <i>Gearbox</i>	16
2.7 Penelitian Terdahulu	16
BAB 3. METODELOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Alat.....	21
3.2.2 Bahan.....	21
3.3 Skema Alat Uji.....	22
3.4 Metode Penelitian.....	24
3.5 Tahapan Penelitian	25
3.6 Parameter Penelitian	26
3.6.1 Variabel Bebas	26
3.6.2 Variabel Terikat	26
3.7 Prosedur Penelitian.....	26
3.8 Skema Pengujian.....	28

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Pembuatan Desain Alat Uji Kekuatan Puntir	29
4.2 Pembuatan Alat Uji Kekuatan Puntir.....	31
4.2.1 Pengukur Berat Material	31
4.2.2 Penggabungan Rangka Alat Uji	34
4.2.3 Perhitungan Struktur Rangka	37
4.2.4 Perhitungan Torsi Motor	42
4.3 Pengujian.....	42
4.3.1 Patahan	41
4.3.2 Alat Uji Kekuatan Puntir Tipe <i>Rotary</i>	46
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
2.1	Spesimen uji rotary bending standar ASTM E-143.....	7
2.2	Pemodelan tumpuan sendi	11
2.3	Pemodelan tumpuan rol	11
2.4	Pemodelan tumpuan jepit	11
2.5	Penggambaran normal forces diagram (NFD) cara grafis.....	12
2.6	Konsep SFD pada struktur balok.....	13
2.7	Penggambaran shear forces diagram (SFD) dengan cara grafis.....	13
2.8	Penggambaran bending moment diagram (BMD).....	14
3.1	Komponen Alat Uji	22
3.2	Alat Uji <i>Rotary</i>	23
3.3	Motor Listrik.....	24
3.4	Diagram Alir Perancangan Alat Uji <i>Rotary</i>	25
3.5	Skema Uji Puntir	28
3.6	Grafik Hasil Pengujian Spesimen.....	29
4.1	Desain Alat Uji dari Sisi Samping.....	29
4.2	Desain Alat Uji dari Sisi Atas.....	30
4.3	Desain Alat Uji dari Sisi Depan	30
4.4	Pengukuran Berat Rangka Alat Uji	31
4.5	Pengukuran Berat <i>Table</i>	32
4.6	Pengukuran Berat Transmisi 1	32
4.7	Pengukuran Berat Transmisi 2	33
4.8	Pengukuran Berat Motor Listrik.....	33
4.9	Pengukuran Berat <i>Chart</i>	34
4.10	Proses Pengelasan Rangka Alat Uji.....	35
4.11	<i>Table</i> Motor Penggerak dan Transmisi	35
4.12	Pemasangan Trasmisi	36
4.13	Pembuatan Dudukan <i>Fix Chart</i>	36
4.14	Alat Uji Kekuatan Puntir Tipe <i>Rotary</i>	37
4.15	Detail Neraca	37

4.16 Detail Lengan	38
4.17 Struktur Rangka dan Beban Tampak Memanjang.....	38
4.18 Struktur Rangka dan Beban Tampak Melebar	40
4.19 Awal Retakan.....	43
4.20 Patahan Sempurna.....	43
4.21 Penampang Patahan Spesimen.....	44
4.22 Penampangan Patahan Spesimen Bertakik	44
4.23 Patahan Spesimen Bertakik.....	44
4.24 Penampangan Patahan Spesimen Tanpa Takik.....	45
4.25 Patahan Spesimen tanpa Takik.....	45
4.26 Komparasi Patahan Spesimen.....	45
4.27 Komparasi Penampangan Patahan Spesimen.....	46
4.28 Grafik Hasil Pengujian Kekuatan Puntir.....	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Dimensi Spesimen Uji Puntir Standar ASTM E-466.....	7
2.2 Penelitian Terdahulu	19
4.1 Spesifikasi Besi Hollow Tipe Kotak	41
4.2 Hasil Pengujian Alat Uji Kekuatan Puntir	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Surat Penelitian.....	61
2. Uraian Jadwal Kegiatan.....	62
3. Gambar Teknik.....	63
4. Cover Acc Sidang.....	64
5. Proses Patahan.....	65
6. Hasil Patahan.....	68

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak masalah yang timbul dalam pengerjaan mekanis di lapangan yang dialami oleh ahli-ahli teknis dalam bidangnya seperti masalah perpatahan material yang sulit untuk diperkirakan kapan terjadinya, dan tidak dapat dilihat secara kasat mata seperti apa tanda-tanda akan terjadinya patah (Pratowo, 2019). Seiring dengan banyaknya kegagalan mekanis yang ditemui, perkembangan ilmu pengetahuan dan penemuan baru, menyebabkan faktor-faktor perancangan mulai bertambah. Salah satu contohnya misalnya faktor kelelahan logam. Pada saat faktor kelelahan belum diketahui, perencanaan suatu komponen hanya didasarkan pada pembebanan statik. (Jatmiko, 2012).

Besar pengaruh suatu beban terhadap kekuatan lelah material poros dapat diketahui melalui pengujian material menggunakan benda uji (spesimen) dan disertai dengan analisa maupun perhitungan secara teliti (Jatmiko, 2012).

Sifat yang dikenal dengan kelelahan bahan, perlu diteliti karena sangat penting untuk menentukan umur konstruksi berdasarkan kelelahan. Poros berfungsi untuk meneruskan tenaga baik berupa puntiran, torsi maupun bending dari suatu bagian ke bagian yang lain. Poros yang mengalami tegangan dapat mengakibatkan suatu poros sering mengalami kegagalan dalam operasinya seperti terputusnya tenaga yang dialirkan dan dapat menyebabkan *brakedown*. Kegagalan akibat tegangan sangat tidak diinginkan karena tanda-tanda akan terjadinya kegagalan tidak dapat diketahui secara langsung. Kegagalan ini dapat berupa *crack* yang terus berkembang hingga terjadi perambatan *crack* yang kemudian menjadi patah (Sugiarto, 2013)

Umumnya material poros yang mengalami pembebanan dengan tegangan dinamis dan berulang dalam jangka waktu yang lama perlu dilakukan pengujian untuk memprediksi kegagalan material. Pengujian dilakukan untuk meminimalisir kegagalan yang terjadi. Salah satu tipe pengujian untuk memprediksi kegagalan material akibat tegangan puntir adalah pengujian dengan menggunakan mesin uji kekuatan puntir (Jatmiko, 2012).

Maka dari itu dibutuhkan perancangan mesin uji kekuatan puntir sederhana yang dapat digunakan untuk menganalisa spesimen agar dalam pemilihan spesimen dapat sesuai dan mencapai masa guna yang diharapkan.

Alat uji kekuatan puntir ini dibuat dengan standar spesimen baja ST-41, sehingga design dibuat sesuai dengan kebutuhan spesimen tersebut. Mustofa (2018) mengatakan penggunaan spesimen baja ST-41 sebagai standar mesin uji dikarenakan baja ST-41 tergolong baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,30 % yakni hanya 0,16 %. Alasan lainnya yaitu baja ST-41 sangat mudah ditemukan.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Uji Kekuatan Puntir Material Tipe *Rotary*”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disebutkan pada subbab sebelumnya, maka rumusan permasalahan pada penelitian ini adalah

- a. Bagaimana hasil perancangan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary*?
- b. Bagaimana komparasi data yang dihasilkan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disebutkan pada subbab sebelumnya, maka tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah

- a. Merancang alat uji kekuatan puntir tipe *rotary*.
- b. Menganalisis data yang dihasilkan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* dengan standard ASTM

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain adalah

- a. Menambah ilmu pengetahuan tentang rancang bangun suatu konstruksi alat uji.

- b. Menambah ilmu pengetahuan tentang desain konstruksi.
- c. Menambah ilmu pengetahuan tentang kekuatan puntir pada logam.
- d. Dapat digunakan untuk penelitian terkait.
- e. Menambah khasanah ilmu pengetahuan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

- a. Hanya menyesuaikan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* dengan standard ASTM
- b. Kecepatan pada setiap putaran dianggap konstan.
- c. Spesimen menggunakan baja ST-41.
- d. Hanya fokus pada perancangan dan perakitan alat uji.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uji Puntir

Uji Puntir merupakan salah satu jenis pengujian material dengan sifat merusak (*destructive test*). Tujuannya adalah untuk mengetahui sifat material berupa kekuatan puntir setelah menerima tegangan puntir. Pengkondisian yang ditentukan terhadap benda uji/spesimen adalah dengan membuat dua jenis kondisi material (Jatmiko, 2012).

Uji puntir pada suatu spesimen dilakukan untuk menentukan sifat-sifat seperti batas luluh geser dari suatu material. Spesimen yang digunakan pada pengujian puntir adalah batang dengan penampang lingkaran karena bentuk penampang ini paling sederhana sehingga mudah diukur. Spesimen tersebut hanya dikenai beban puntiran pada salah satu ujungnya karena dua pembebanan akan memberikan ketidakkonstanan sudut puntir yang diperoleh dari pengukuran (Tambunan, 2019).

2.2 Faktor Penyebab Kelelahan

Faktor-faktor yang dapat mengubah kekuatan lelah adalah tipe pembebanan, putaran, kelembaban udara (korosi), konsentrasi tegangan, temperatur, kelelahan material, komposisi kimia material, tegangan sisa, dan tegangan kombinasi. Faktor-faktor yang cenderung dapat mengubah kekuatan lelah adalah kelembaban lingkungan, tipe pembebanan, putaran, temperatur, komposisi kimia material dan tegangan sisa.

Faktor yang berpengaruh besar dalam penelitian ini adalah kelembaban lingkungan (korosi), dan tipe pembebanan, sedangkan untuk putaran, temperatur, komposisi kimia, dan tarikan sisa hanya variable konstan yang tidak berpengaruh besar terhadap kekuatan lelah.

2.2.1 Faktor Kelembaban Lingkungan (Korosi)

Faktor ini sangat berpengaruh terhadap kekuatan lelah. Menurut Haftirman (1995) kekuatan lelah sangat menurun pada lingkungan kelembaban tinggi yaitu pada kelembaban relatif 70% sampai 85%. Lingkungan kelembaban tinggi akan

mempercepat kegagalan, karena pada saat itu terbentuk pit korosi dan keretakan pada permukaan material.

Kelembaban relatif 85% terjadi transisi tegangan lebih besar dibandingkan dengan kelembaban relatif 5% sampai 55% (Ko Haeng Nam, 2003).

2.2.2 Faktor Tipe Pembebanan

Faktor ini memiliki pengaruh yang besar terhadap kekuatan lelah, seperti yang telah diteliti oleh Ogawa (1998) bahwa baja S45C yang menerima tipe pembebanan lentur putar serta pembebanan aksial memiliki kekuatan lelah yang berbeda, baja S45C dengan pembebanan aksial memiliki kekuatan lelah yang lebih rendah dibandingkan dengan baja dengan pembebanan lentur putar.

2.2.3 Faktor Putaran

Menurut Irwanto (1989) putaran antara 750 rpm sampai 1500 rpm mempunyai kekuatan lelah yang hampir sama tetapi apabila putaran 50 rpm menurunkan kekuatan lelah jauh lebih besar dibandingkan putaran 750 rpm dan 1500 rpm, sehingga putaran yang berada diantara 750 rpm sampai 1500 rpm tidak berpengaruh terhadap kekuatan lelah secara signifikan.

2.2.4 Faktor Temperatur (Suhu)

Suhu sangat berpengaruh terhadap kekuatan lelah, karena suhu dapat menaikkan konduktivitas elektrolit lingkungan yang dapat mempercepat oksidasi. Pengujian pada suhu 40°C retakan pada material membujur dibandingkan pengujian pada suhu 25°C dengan retakan yang halus, sebab suhu yang tinggi mengakibatkan molekul air yang terbentuk mengecil di permukaan baja yang membuat lebih cepat terjadinya oksidasi dan meningkatkan jumlah pit korosi, hal tersebut menyebabkan pit korosi cepat berkumpul membentuk retakan yang membujur. Dieter (1992) menyatakan umumnya kekuatan lelah baja turun seiring meningkatnya suhu yang melebihi suhu kamar kecuali baja lunak dan kekuatan lelah menjadi lebih besar apabila ada penurunan suhu.

2.2.5 Faktor Tegangan Sisa

Tegangan sisa yang kemungkinan muncul saat pembuatan material yang diturunkan dengan cara pengurangan pahat sehalus mungkin pada material sehingga tidak meningkatkan suhu yang dapat mengakibatkan timbulnya tegangan sisa maupun tegangan lentur terhadap material.

2.2.6 Faktor Komposisi Kimia Material

Faktor ini diharapkan sama untuk semua material uji dengan pemilihan bahan pembuatan dalam satu kali proses produksi, sehingga akan tercipta standar untuk seluruh material uji.

2.3 Baja ST-41

Baja merupakan suatu campuran dari besi dan karbon, dimana unsur C menjadi dasar pencampurannya dan mengandung unsur campuran lainnya seperti Sulfur (S), fosfor (P), silicon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi. Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1-1,7 % sedangkan unsur lainnya dibatasi persentasinya, baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya (Wiryosumarto dan Okumura, 2008)

Menurut Mustofa dkk. (2018) baja ST-41 adalah baja yang memiliki kadar karbon 0,16 %, karena kadar karbonnya kurang dari 0,30 % maka baja ini termasuk golongan baja karbon rendah dan mempunyai regangan sebesar 36-24 % . Makna dari penamaan ST-41 sendiri adalah dari ST memiliki arti baja (Stahl), angka 41 dalam baja ini menunjukkan bahwa minimum ketangguhan putus-tarik adalah 41 kg/mm². Ketangguhan tarik juga dibatasi keatas yaitu umumnya $S-41 \leq 50$ kg/mm². Setiawan dkk. (2018) menyatakan bahwa baja ST-41 termasuk baja karbon rendah. Baja ST-41 memiliki sifat tensile streng yang kadang kala butuh untuk dinaikan kekuatannya, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pemanasan dan pendinginan dengan bertahap atau cepat sesuai dengan kebutuhan. Perubahan sifat fisik baja ST-41 akan tergantung dengan cara pendinginan dan pemanasan yang dilakukan termasuk jenis media pendingin yang dilakukan.

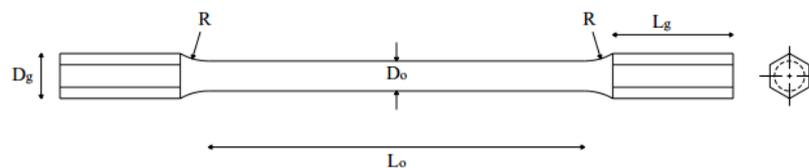
2.4 ASTM (*American Society of Testing and Material*)

Metode pengujian ini mencakup penentuan modulus geser bahan struktural. Metode pengujian ini terbatas pada bahan untuk menekankan, sedangkan retakan diabaikan. dibandingkan dengan uji tarik yang data dapat diketahui setelah pengujian. Sifat elastis seperti modulus geser, modulus Young, dan rasio Poisson tidak ditentukan secara rutin dan umumnya tidak ditentukan dalam spesifikasi bahan. Tegangan puntir merupakan tegangan geser dalam suatu benda, dalam alat uji normal ke sumbu atau rotasi, yang dihasilkan dari aplikasi torsi (ASTM, 2008).

2.4.1 Spesimen

ASTM E-143

(*Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitudo Axial Fatigue Test of Metallic Material*)



Gambar 2.1 Spesimen Uji *Rotary* Standar ASTM E-143 (Jatmiko, 2012)

Tabel 2.1 Dimensi Spesimen Uji Puntir Standar ASTM E-143 Tanpa Takik

Spesimen Uji	Dimensi Spesimen (mm)				
	Do	Lo	R	Dg	Lg
ASTM E-143	8	100	15	12	32

Sumber : Jatmiko (2012)

Keterangan :

Spesimen uji lentur putar dibuat dalam dua kondisi, meliputi kondisi normal dan kondisi bertakik. Gambar diatas menunjukkan spesimen dalam kondisi normal, sedangkan dalam kondisi bertakik (asumsi cacat material) akan ditambahkan takik jenis U ditengah-tengah panjang ukur (L_o) dengan kedalaman 1 mm ($L_o = 6$ mm) dan jari-jari kelengkungan takik (R_t) 2 mm (Jatmiko, 2012).

2.4.2 Pemilihan dan Persiapan Spesimen

- a. Spesimen harus dipilih dari bentuk fisik.

Ketidaktepatan sedikit di dekat permukaan, seperti celah yang akan memiliki efek yang dapat diabaikan dalam menentukan modulus *Young*, dapat menyebabkan kesalahan yang cukup besar dalam modulus geser. Dalam kasus perawatan spesimen harus dilakukan untuk mencegah perubahan sifat-sifat bahan di permukaan spesimen.

1. Spesimen dalam bentuk silinder padat seharusnya lurus dan berdiameter seragam untuk panjang yang sama dengan pengukur panjang plus dua hingga empat diameter.
2. Dalam hal tabung, spesimen harus lurus dan dengan diameter dan ketebalan dinding yang seragam untuk panjang yang sama hingga panjang pengukur ditambah setidaknya empat kali diameter luar.
3. Panjang spesimen harus setidaknya empat kali diameter. Panjang spesimen harus memadai untuk garis panjang antara pegangan sama dengan panjang pengukur ditambah dua hingga empat diameter, kecuali ditentukan lain dalam spesifikasi produk. Namun, rasio panjang bebas terhadap diameter tidak boleh menjadi begitu besar sehingga memutar heliks sumbu spesimen terjadi sebelum penentuan selesai.

2.4.3 Metode Pengujian

Pengujian kelelahan dilakukan pada sistem. Spesimen kelelahan dipotong dari panel paralel ke arah bergulir spesimen perhatikan perubahan suhu, pastikan saat pemotongan menggunakan media pendingin. Sebelum melakukan pengujian kelelahan, mesin uniaksial diverifikasi untuk kekuatan, amplitudo, dan penyalarsan spesimen sesuai dengan E-143.

- a. Perhatikan untuk memastikan *alignment* aksial dari contoh agar tidak terjadi penyimpangan nilai yang besar.
- b. Buat pengukuran simultan peningkatan torsi dan sudut putaran dan merekam data.

- c. Pertahankan kecepatan pengujian cukup untuk membuat retakan diabaikan.
- d. Catat suhu. Hindari perubahan dalam suhu selama tes.
- e. Spesimen uji dimuat baik secara bertahap dengan menerapkan torsi eksternal sehingga menyebabkan *twist* seragam dalam panjang pengukur.
- f. Perubahan torsi dan perubahan terkait sudut *twist* ditentukan baik secara bertahap atau terus menerus kemiringan yang sesuai kemudian dihitung dari geser kurva tegangan regangan, yang mungkin diturunkan dalam kondisi baik meningkatkan atau menurunkan torsi (meningkat dari torsi ke torsi maksimum atau menurun dari maksimum torsi ke *pretorque*).
- g. Perpindahan pointer pada satu lengan relatif terhadap skala di sisi lain. Bacaan harus diambil untuk kedua set lengan dan dirata-rata untuk menghilangkan kesalahan karena tekukan spesimen

Spesimen kemudian ditempatkan komputer kerangka uji. Tes kelelahan dilakukan sesuai dengan prosedur standar ASTM E-143. Semua tes kelelahan dilakukan pada pembebanan amplitudo konstan dengan berbagai pembebanan frekuensi untuk meminimalkan kemungkinan pembangkitan panas pada material komposit. Sistem dinilai gagal dalam kelelahan ketika sepenuhnya material delaminasi terjadi. Jumlah siklus, beban maksimum dan minimum dan perpindahan dicatat untuk siklus dalam peningkatan logaritmik sampai tes dihentikan. Setelah spesimen putus spesimen akan dilepas dari pegangannya (Reyes and Kang, 2007).

2.4.4 Standart alat uji

a. Mesin Uji

Mesin uji torsi, yaitu untuk digunakan untuk menerapkan torsi yang diperlukan pada spesimen, harus dikalibrasi untuk kisaran torsi yang digunakan dalam penentuan. Koreksi dapat diterapkan untuk ditunjukkan kesalahan sistematis. Torsi harus dipilih dalam modulus geser, karena kesalahan dalam torsi dapat mempengaruhi baik dalam hasil atau akurasi yang diperlukan.

b. Genggaman

Ujung spesimen harus digenggam tegas antara rahang mesin uji yang telah dirancang untuk menghasilkan keadaan *twist* yang seragam dalam pengukur panjangnya. Dalam kasus tabung, ketika steker kaku dapat dimasukkan ke ujung memungkinkan mengencangkan pegangan tanpa menghancurkan spesimen. pegangan harus sedemikian rupa sehingga perataan aksial dapat diperoleh dan dipertahankan untuk mencegah penerapan lentur momen. Satu pegangan harus bebas bergerak secara aksial untuk mencegahnya penerapan gaya aksial.

c. *Twist Gages*

Sudut putaran dapat diukur dengan dua pasang lengan yang ringan namun kaku, masing-masing pasangan diikat ke cincin yang terpasang pada tiga titik pada bagian di ujung panjang pengukur dan setidaknya satu dari *grip* yang bebas. Perpindahan relatif dari keduanya bagian dapat diukur dengan mekanik, optik, atau *electronic*

d. Standart keamanan

Semua benda berputar baik *sprocket* ataupun chart harus tertutup dengan baik untuk menghindarkan dari kecelakaan kerja.

2.5 Desain Kontruksi

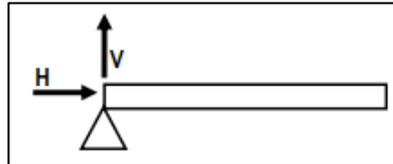
Tumpuan adalah tempat bersandarnya suatu konstruksi & tempat bekerjanya reaksi. Masing-masing mempunyai karakteristik berbeda.

- a. Tumpuan sendi
- b. Tumpuan rol
- c. Tumpuan jepit
- d. Tumpuan gesek
- e. Tumpuan bidang datar
- f. Tumpuan tali
- g. Pendel
- h. Tumpuan titik

Untuk lebih jelasnya, berikut adalah penjelasan masing-masing karakteristik tumpuan pada bidang Mekanika Teknik atau Analisis Struktur.

a. Tumpuan Sendi

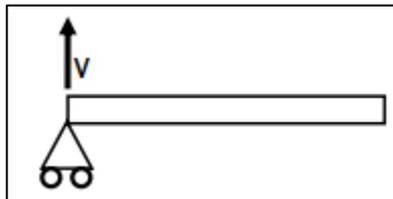
Tumpuan sendi adalah tumpuan yang dapat menerima gaya dari segala arah, akan tetapi tidak mampu menahan momen



Gambar 2.2 Pemodelan Tumpuan Sendi (Ma'arif, 2012)

b. Tumpuan Rol

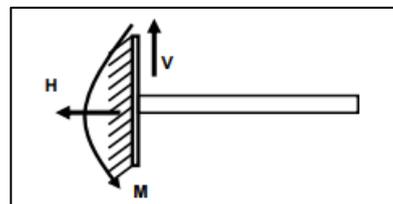
Tumpuan Rol adalah tumpuan yang hanya dapat menahan gaya bekerja tegak lurus (*vertical*) dan tidak dapat menahan momen.



Gambar 2.3 Pemodelan Tumpuan Rol (Ma'arif, 2012)

c. Tumpuan Jepit

Tumpuan jepit adalah tumpuan yang dapat menahan gaya dalam segala arah dan dapat menahan momen.



Gambar 2.4 Pemodelan Tumpuan Jepit (Ma'arif, 2012)

d. Jenis Kontruksi

Ada dua jenis konstruksi yaitu konstruksi statis tertentu dan konstruksi statis tak tentu. Pada konstruksi statis tak tentu, besarnya reaksi dan momen dapat ditentukan dengan persamaan keseimbangan. Sedangkan pada persamaan konstruksi statis tak tentu, tidak dapat diselesaikan dengan

persamaan keseimbangan. Untuk mempermudah dan mempercepat dalam menentukan jenis konstruksi, dapat digunakan persamaan:

$$R = B+2 \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

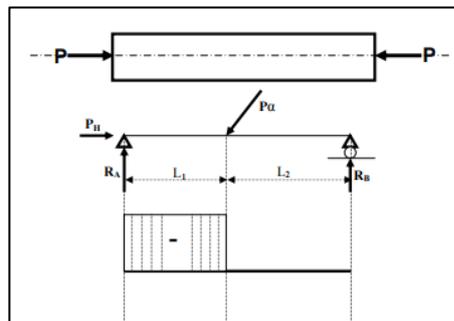
R = Jumlah Reaksi yang akan ditentukan

B = Jumlah Batang

Bila $R > B+2$, berarti konstruksi statis tak tentu

e. Gaya Normal (*Normal Forces Diagram*)

Gaya normal adalah suatu gaya yang garis kerjanya berimpit/sejajar dengan sumbu batang.



Gambar 2.5 Penggambaran *Normal Forces Diagram* (NFD) Cara Grafis (Ma'arif, 2012)

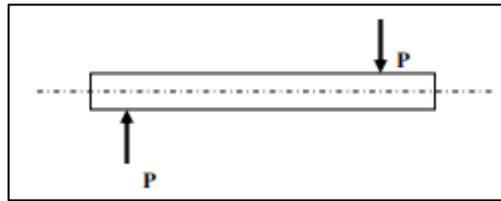
Notasi:

- 1) Positif Jika gaya normal tarik
- 2) Negatif Jika gaya normal tekan

Gambar di atas menunjukkan bahwa adanya gaya normal diakibatkan oleh adanya beban sebesar $P\alpha$, yang apabila diuraikan gayanya menjadi gaya vertikal dan horisontal. Selanjutnya, gaya arah horisontal (arah ke kiri) akan dilawan oleh gaya PH (arah ke kanan) sehingga timbulah gaya normal tekan (negatif) karena serat pada balok tersebut tertekan (memendek).

f. Gaya Lintang (*Shear Force Diagram*)

Gaya lintang (*shear forces diagram*) adalah susunan gaya yang tegak lurus dengan sumbu batang.

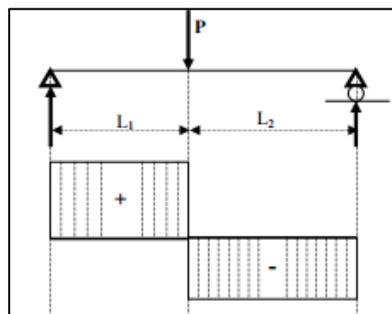


Gambar 2.6 Konsep SFD pada struktur balok (Ma'arif, 2012)

Notasi:

Positif jika searah dengan jarum jam

Negatif jika berlawanan arah dengan jarum jam

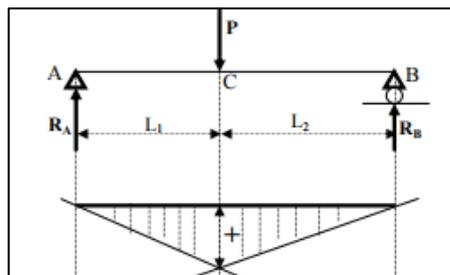


Gambar 2.7 Penggambaran shear forces diagram (SFD) dengan cara grafis (Ma'arif, 2012)

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai gaya lintang akan positif apabila perputaran gaya yang bekerja searah dengan jarum jam, dan diarsir tegak lurus dengan sumbu batang yang menerima gaya melintang. Sebaliknya, bila perputaran gaya yang bekerja berlawanan arah dengan perputaran jarum jam, diberi tanda negatif dan diarsir sejajar dengan sumbu batang.

g. Momen (*Bending Moment Diagram*)

Momen adalah hasil kali antara gaya dengan jarak (jarak garis lurus terhadap garis kerjanya)



Gambar 2.8 Penggambaran bending moment diagram (BMD) dengan cara grafis (Ma'arif, 2012)

Momen adalah hasil kali antara gaya dengan jaraknya. Jarak disini adalah jarak tegak lurus dengan garis kerja gayanya. Gambar 2.9 menunjukkan pada titik C terjadi momen sebesar M_c sama dengan R_A dikalikan L_1 .

Bidang momen diberi tanda positif jika bagian bawah atau bagian dalam yang mengalami tarikan. Bidang momen positif diarsir tegak lurus sumbu batang yang mengalami momen. Sebaliknya, apabila yang mengalami tarikan pada bagian atas atau luar bidang momen, maka diberi dengan tanda negatif. Bidang momen negatif diarsir sejajar dengan sumbu batang. Momen yang berputar ke kanan belum tentu positif dan momen yang berputar ke kiri belum tentu negatif, oleh karena itu perjanjian tanda perlu diperhatikan dengan teliti.

2.6 Komponen Mesin Uji *Rotary*

Mesin uji *rotary* memiliki beberapa komponen pendukung antara lain poros, cekam, motor listrik dan *gearbox*.

2.6.1 Poros

Poros adalah salah satu bagian mesin yang memiliki peran penting dalam penyusunan mesin uji (Sularso dan Suga, 2002). Sebagian besar motor listrik yang mereduksikan daya putar menuju mesin yang lain akan melewati poros sehingga poros bermanfaat sebagai lanjutan tenaga baik puntiran, torsi, atau *bending* dari suatu bagian ke bagian yang lainnya. Poros sendiri dibagi menjadi beberapa klasifikasi yaitu :

a. Poros Transmisi

Poros transmisi tidak hanya sebagai penunjang dari bagian mesin yang berputar, melainkan juga memperoleh berat dan melanjutkan torsi. Berat yang diperoleh bias berupa puntiran murni atau campuran antara berat punter *bending*.

b. Poros Spindel

Poros tipe spindel yaitu poros yang tidak pasti pendek. Poros ini hanya mendapat puntir murni, meskipun seharusnya mendapatkan berat lentur yang kemungkinan hanya memiliki kemungkinan kecil dibandingkan

dengan berat puntirnya. Syarat yang harus dimiliki poros spindel yaitu perubahan bentuknya harus kecil dan dimensinya harus detail.

2.6.2 Cekam

Cekam merupakan alat yang berfungsi sebagai penjepit atau mengikat material pada saat proses pengujian berlangsung, tanpa cekam pengujian tidak akan berjalan dengan lancar. Menurut pergerakan rahangnya cekam diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu :

a. *Self Centering Chuck* (Cekam Sepusat)

Cekam sepusat merupakan cekam yang mempunyai pergerakan rahang pada cekam selaras dan memiliki arah yang sama yaitu menjauhi ataupun mendekati garis sumbu jika salah satu kunci cekam diputar.

b. *Independent Chuck* (Cekam Tidak Sepusat)

Cekam tidak sepusat yaitu cekam yang pada tiap rahang dapat digerakkan secara *independent* yang mana bila salah satu lubang rahang pergerakannya mendekat ataupun menjauh dari garis sumbu dan rahang yang lain tidak mengikuti gerakan rahang yang sedang berputar.

c. *Collet Chuck* (Cekam Kolet)

Cekam kolet berfungsi sebagai penjepit material yang mempunyai bentuk permukaan silindris yang halus dengan diameter kecil. Cekam ini memiliki tiga bagian yaitu *collet* (kolet), rumah kolet/dudukan, batang penarik (*drawbar*). Menurut bentuk lubang penjepitnya ada tiga macam bentuk yaitu bulat, segi empat, dan segi enam.

2.6.3 Motor Listrik

Motor listrik adalah bagian elektromagnetik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dan perubahan ini disebut elektromagnet. Magnet akan menolak menolak ketika berada pada kutub yang senama dan akan tarik-menarik ketika berada pada kutub yang berlawanan oleh sebab itu diperoleh gerakan jika terdapat sebuah magnet pada poros yang dapat berputar, dan magnet yang lainnya pada posisi yang sama. Cara ini merubah energi listrik menjadi energi gerak.

Dengan menggunakan torsi dan kecepatan yang bekerja maka daya motor dapat ditentukan dengan rumus:

$$T = \frac{Px5252}{n} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

- T : Torsi (Nm)
 P : Daya (Hp)
 5252 : Konstanta
 n : Rotasi (Rpm)

2.6.4 Gearbox

Gearbox atau transmisi adalah salah satu komponen utama motor yang disebut sebagai sistem pemindah tenaga, transmisi berfungsi untuk memindahkan dan mengubah tenaga dari motor yang berputar, yang digunakan untuk memutar spindel mesin maupun melakukan gerakan feeding (Fibrianie, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Su'udi dkk. (2013), gearbox digunakan untuk mentransmisikan daya dari motor listrik menuju ke dongkrak, hal tersebut dimaksudkan mempermudah pengangkatan oleh dongkrak. Transmisi juga berfungsi untuk mengatur kecepatan gerak dan torsi serta berbalik putaran, sehingga dapat bergerak maju dan mundur. Transmisi manual atau lebih dikenal dengan sebutan *gearbox* mempunyai beberapa fungsi antara lain :

- a. Merubah momen puntir yang akan diteruskan ke spindel mesin.
- b. Menyediakan rasio gigi yang sesuai dengan beban mesin.
- c. Menghasilkan putaran mesin tanpa selip.

2.7 Penelitian Terdahulu

- 2.7.1 Sukanto Jatmiko, Sarjito Jokosisworo, 2012 dalam penelitian yang berjudul "*Analisa Kekuatan Puntir Dan Kekuatan Lentur Putar Poros Baja St 60 Sebagai Aplikasi Perancangan Bahan Poros Baling-Baling Kapal*"

Dalam penelitian ini akan dilakukan uji tarik, uji komposisi, uji puntir dan uji lentur putar untuk material baja karbon ST 60. Tujuannya untuk mengetahui apakah baja ST 60 memenuhi persyaratan BKI sebagai bahan poros baling-baling kapal ditinjau dari aspek kekuatan tarik dan komposisi materialnya. Sedangkan tujuan uji puntir dan uji lentur putar adalah untuk menganalisa aspek kekuatan puntir material dalam menerima beban puntir hingga patah. Dan juga untuk memprediksi ketahanan lelah material terhadap beban lentur putar hingga terjadi kegagalan lelah. Sampel bahan uji berupa spesimen yang menggunakan standar ASTM. Sifat beban yang diberikan mencakup beban statis untuk uji tarik dan puntir, dan beban dinamis untuk uji lentur putar. Hasil penelitian ini berupa nilai kekuatan material yang kemudian dibandingkan dengan nilai minimum persyaratan BKI. Beberapa hasil seperti penampang patahan juga dapat mewakili karakter keuletan material. Hasil yang dicapai bahwa baja ST 60 memenuhi persyaratan BKI ditinjau dari kekuatan tarik (706,47 Mpa) dan komposisi materialnya C (0,473%), Mn (0,71%), Si (0,274%), P (0,0014%), S (0,0034%). Sedangkan untuk uji lentur putar diperoleh nilai batas maksimum aman untuk beban tekuk yaitu 283,95 Mpa

2.7.2 Muharnif M dan Randy Septiawan, 2018 dalam penelitian yang berjudul “*Analisa Pengujian Lelah Material Stainless Steel 304 dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine*”

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa lelah material *stainless steel* 304 dengan menggunakan alat uji kelelahan *rotary bending*. Spesimen yang digunakan adalah jenis *stainless steel* 304. Hasil pengujian kelelahan (*fatigue*) yang di lakukan di Laboratorium Fakultas Teknik UMSU (Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara) yaitu, variasi beban 10kg menghasilkan tegangan 34,226, cycles 125321 dalam waktu 123,37 menit. Beban 15kg menghasilkan tegangan 51,339, cycles 110597 dalam waktu 125,54 menit. Beban 20kg menghasilkan tegangan 68,452, cycles 54527 dalam waktu 32,37 menit. Beban 25kg menghasilkan tegangan 85,565, cycles 28638 dalam waktu 22,01.

Beban 30kg menghasilkan tegangan 102,6786, cycles 19711 dalam waktu 17,57 menit.

2.7.3 Bambang Pratowo, Indra Surya dan Witoni, 2019 dalam penelitian yang berjudul “*Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 dengan Tipe Rotary Bending*”

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa nilai kefatikan pada poros dengan material baja karbon rendah dengan kadar C 0,1 – 0,3 % C dengan jenis SC10 menggunakan alat uji fatik tipe rotary bending. Uji lelah dilakukan terhadap baja karbon rendah SC10 tanpa mendapatkan perlakuan panas. Pengujian dilakukan sebanyak empat kali dengan variasi pembebanan 40 %, 50 %, 60 %, 70 % dari UTS material. Spesimen yang digunakan adalah berdasarkan standar ASTM E466. Pembuatan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin bubut. Uji lelah dilakukan dengan menggunakan mesin uji fatik tipe rotary bending. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh siklus patah pada masing-masing variasi pembebanan semakin besar beban yang diberikan semakin kecil siklus yang terjadi dan sebaliknya. Pembebanan 40% dari UTS diperoleh 112.252 siklus sedangkan pada pengujian 70% dari UTS diperoleh 35.196 siklus. Siklus patah disajikan dalam bentuk kurva S-N.

2.7.4 Udur Januari Hutabarat dan Melvin Bismark H. Sitorus, 2017 dalam penelitian yang berjudul “*Perancangan Mesin Uji Lelah Baja Poros dengan Pembebanan Puntir Dinamis*”

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan alat uji lelah baja poros. Perancangan dilakukan meliputi konstruksi mesin uji, motor penggerak 1450 Rpm dengan daya ¼ Hp, kopling penghubung, bantalan duduk, *control on-off*, *counter hour*, desain spesimen standar ASTM E466 dan variasi pembebanan maksimum 10 Kg. Pengujian dilakukan beberapa kali dengan menggunakan spesimen sesuai standar ASTM E-466 dalam pengujian lelah poros dengan variasi beban putar dinamis dengan putaran konstan. Mesin mempunyai dimensi 40 x 50 x 50 cm, menggunakan motor listrik 1 fasa 1450 Rpm, daya ¼ HP dan tegangan

220V, dapat menguji spesimen baja poros maksimum diameter 10 mm dalam standar ASTM E 466 pada putaran konstan dan pembebanan mulai dari 5 -20 Kg.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Tahun	Hasil Penelitian
1.	Sukanto Jatmiko, Sarjito Jokosisworo	Analisa Kekuatan Puntir Dan Kekuatan Lentur Putar Poros Baja St 60 Sebagai Aplikasi Perancangan Bahan Poros Baling-Baling Kapal	2012	Baja ST-60 memenuhi persyaratan BKI ditinjau dari kekuatan tarik (706,47 Mpa) dan komposisi materialnya C (0,473%), Mn (0,71%), Si (0,274%), P (0,0014%), S (0,0034%). Sedangkan untuk uji lentur putar diperoleh nilai batas maksimum aman untuk beban tekuk yaitu 283,95 Mpa
2.	Muharnif M dan Randy Septiawan	Analisa Pengujian Lelah Material Stainless Steel 304 dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine	2018	Hasil pengujian kelelahan (<i>fatigue</i>) yaitu variasi beban 10kg menghasilkan tegangan 34,226, cycles 125321 dalam waktu 123,37 menit. Beban 15kg menghasilkan tegangan 51,339, cycles 110597 dalam waktu 125,54 menit. Beban 20kg menghasilkan tegangan 68,452, cycles 54527 dalam waktu 32,37 menit. Beban 25kg menghasilkan tegangan 85,565, cycles 28638 dalam waktu 22,01. Beban 30kg menghasilkan tegangan

				102,6786, cycles 19711 dalam waktu 17,57 menit.
3.	Bambang Prutowo, Indra Surya dan Witoni	Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 dengan Tipe Rotary Bending	2019	Hasil dari pengujian yang dilakukan diperoleh siklus patah pada masing-masing variasi pembebanan semangkin besar beban yang diberikan semangkin kecil siklus yang terjadi dan sebaliknya. Pembebanan 40% dari UTS diperoleh 112.252 siklus sedangkan pada pengujian 70% dari UTS diperoleh 35.196 siklus.
4.	Udur Januari Hutabarat dan Melvin Bismark H. Sitorus	Perancangan Mesin Uji Lelah Baja Poros dengan Pembebanan Puntir Dinamis	2017	Mesin mempunyai dimensi 40 x 50 x 50 cm, menggunakan motor listrik 1 phasa 1450 Rpm, daya ¼ HP dan tegangan 220V, dapat menguji spesimen baja poros maksimum diameter 10 mm dalam standar ASTM E 466 pada putaran konstan dan pembebanan mulai dari 5 -20 Kg.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di CV. Arya Mandiri Kabupaten Mojokerto, di gedung Laboratorium Mesin Otomotif Politeknik Negeri Jember Jalan Mastrip No. 3/80 Lingkungan Panji, Sumbersari Jember, dan di gedung Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Waktu pelaksanaan November 2019 - Mei 2020.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Las listrik
- b. Mesin bubut
- c. Mesin gerinda atau mesin pemotong
- d. Mesin bor
- e. Penggaris siku
- f. Meteran gulung
- g. Sketmat
- h. Kacamata las
- i. Masker
- j. Sapu tangan

3.2.2 Bahan

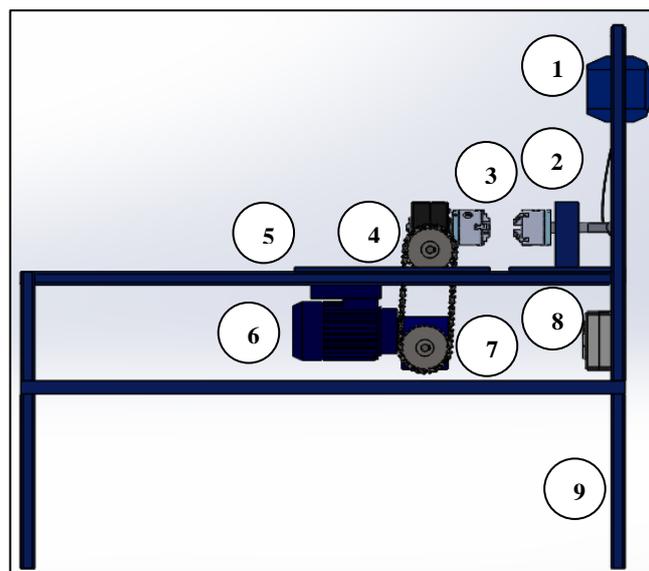
Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Besi pipa kotak hollow
- b. Besi plat bordes
- c. Besi plat *stainless steel*
- d. Cekam
- e. Motor penggerak
- f. *Gearbox ratio 1:30*

- g. *Gearbox ratio 1:60*
- h. Timbangan manual
- i. Stop kontak
- j. Switch atau saklar *on-off*
- k. Busur derajat (360°)

3.3 Skema Alat Uji

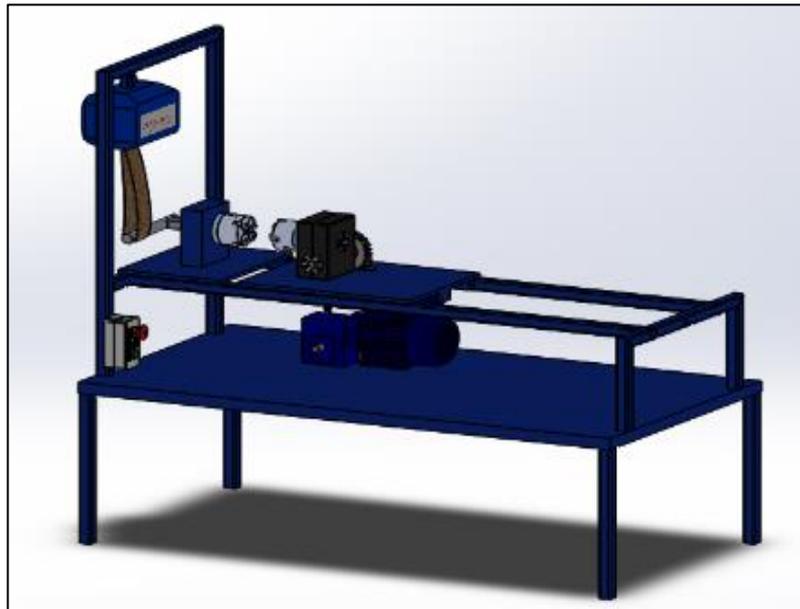
Pada skema pengujian, adapun modeling dan spesifikasi alat dan bahan yang digunakan berupa alat uji *rotary*.



Gambar 3.1 Komponen alat uji (Dokumen Pribadi, 2019)

Keterangan:

- 1. Alat ukur beban
- 2. *Fix holder*
- 3. *Chart*
- 4. *Gear box*
- 5. Meja geser
- 6. Motor listrik
- 7. *Hub chain*
- 8. *Power supply*
- 9. Kontruksi alat uji



Gambar 3.2 Alat Uji *Rotary* (Dokumen pribadi, 2019)

Spesifikasi Cekam:

a. Model	: K11-80
b. Material	: Iron (<i>chuck body</i>), steel (<i>jaws</i>)
c. <i>Chuck Type</i>	: 3-jaws <i>chuck</i>
d. <i>Chuck Structure</i>	: Big <i>through-hole chuck</i>
e. <i>Power Type</i>	: Manual
f. <i>Chuck Diameter</i>	: 80 mm / 3.1 in
g. <i>Chuck Hole Diameter</i>	: 16mm / 0.6in
h. <i>Clamping Range</i>	: 2~22mm / 0.1~0.9in
i. <i>Supporting Range</i>	: 25~70mm / 1~2.8in
j. <i>Centering Precision</i>	: 0.07mm
k. <i>Suitable Machine Tool</i>	: <i>Lathe</i>
l. <i>Speed</i>	: 6600 r/min
m. <i>Max. Input Moment of Force</i>	: 40
n. <i>Weight</i>	: 1980 g / 69.8 oz(<i>approx</i>)



Gambar 3.3 Motor Listrik (Dokumen Pribadi, 2019)

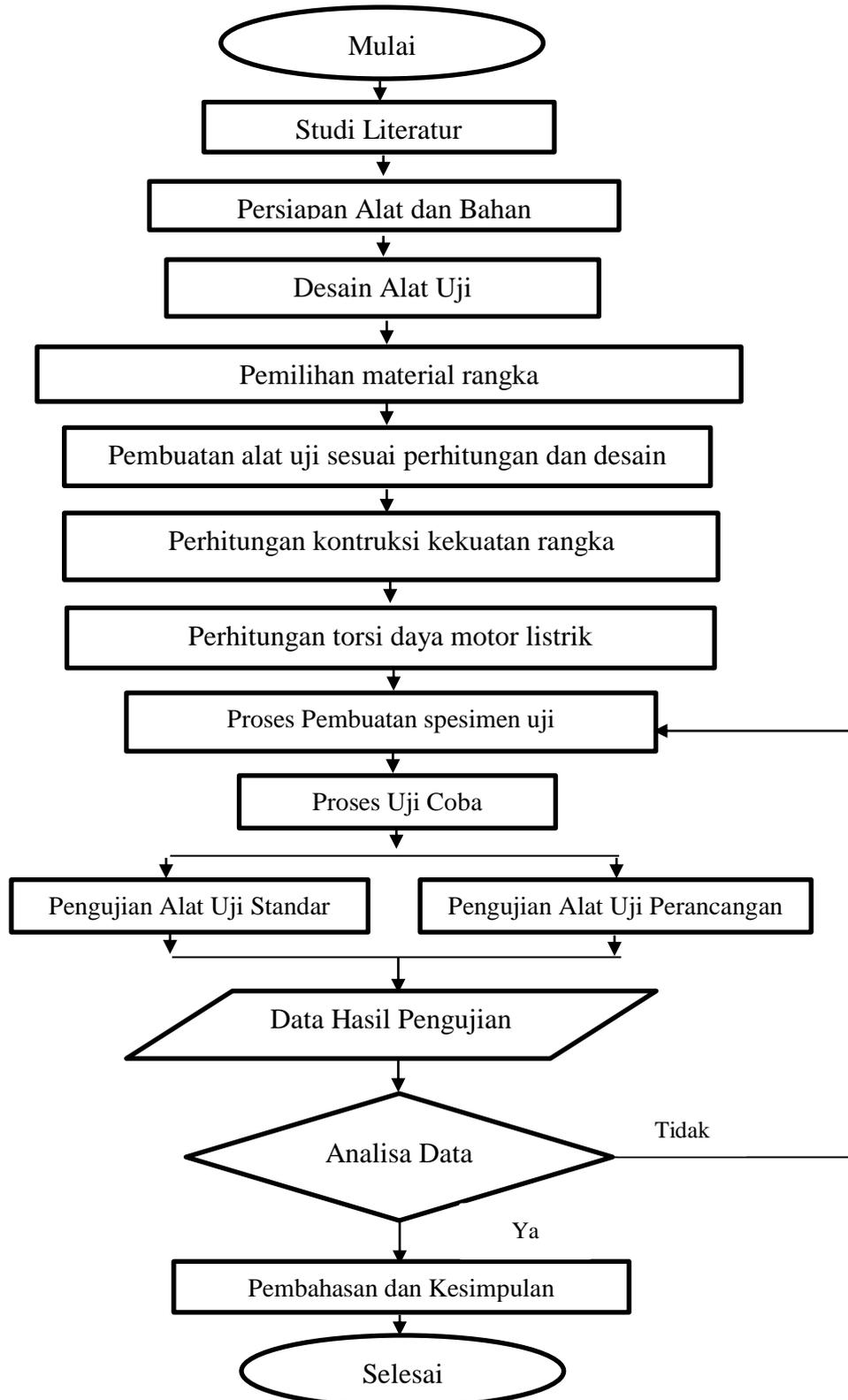
Spesifikasi Motor Listrik:

- a. *Brand* : Alliance Motori
- b. *Type* : A-YL712-4 B5
- c. *Available Range* : 0.5 HP
- d. *Voltage* : 220 V
- e. *Rated Power* : 0.37 Kw
- f. *Efficiency* : 65%
- g. *Current* : 2.8 A
- h. Frekuensi : 50 Hz
- i. Putaran : 1330 min⁻¹

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Metode eksperimental adalah metode yang digunakan untuk membandingkan pengujian beberapa variasi perlakuan dengan pengujian variasi sebagai pembanding. Penelitian eksperimental ini digunakan untuk mengetahui efektifitas alat uji *rotary* dengan alat uji lab terhadap hasil nilai kekuatan puntir dari spesimen.

3.5 Tahapan Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir Perancangan Alat Uji Kekuatan Puntir Tipe *Rotary*

3.6 Parameter Penelitian

3.6.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi hasil dari suatu penelitian, variabel ini dipilih oleh peneliti untuk mempengaruhi sebuah penelitian dan hasil dari penelitian diobservasi. Adapun variabel bebas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bahan baku spesimen
- b. Bahan baku alat uji
- c. Desain alat uji

3.6.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang mendapatkan pengaruh, dan merupakan faktor-faktor yang diobservasi dan diukur untuk mengetahui adanya pengaruh dari variabel bebas. Adapun variabel terikat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Standar ASTM E-143
- b. Momen puntir (Nm)

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Langkah Perancangan

a. Langkah Pembuatan Desain Alat Uji

Langkah pembuatan desain merupakan tahap awal dalam pembuatan alat uji, tahap ini dominan pada saat fabrikasi, khususnya ketika pembuatan rangka alat uji. Pembuatan desain ini dilakukan untuk memudahkan operator pada saat menjalankan tugas. Langkah pembuatan desain alat uji menggunakan penggaris siku.

b. Langkah Perubahan Volume Material

Material penyusun alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* terjadi proses pengeboran serta pemotongan material, hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dengan harapan. Proses perubahan

volume material ini dapat dilakukan dengan beberapa cara dipotong dengan menggunakan gerinda, digergaji, atau dibubut.

c. Langkah Penyambungan Bahan (Pengelasan)

Langkah penyambungan atau pengelasan dilakukan dengan menggunakan mesin las listrik, yang harus diperhatikan sebelum melakukan penyambungan yaitu :

- 1) Membersihkan benda yang akan disambung dari minyak maupun kotoran lainnya.
- 2) Mengatur besarnya arus sesuai dengan kebutuhan
- 3) Material yang akan dilas diletakkan pada tempat yang aman dan mudah dijangkau ketika pengelasan.
- 4) Melakukan pemanasan awal pada material yang terhubung dengan listrik.
- 5) Setelah semua tahap sesuai dengan keinginan, maka langkah pengelasan dapat dilakukan.

d. Langkah Perakitan

Langkah perakitan adalah proses menyatukan seluruh material yang telah dibuat sesuai dengan desain menjadi satu bagian yang utuh.

e. Langkah Akhir (*Finishing*)

Langkah *finishing* merupakan langkah akhir dari proses pembuatan alat uji. Langkah ini bertujuan untuk membuat tampilan luar alat terlihat lebih menarik. Langkah akhir dilakukan beberapa proses yaitu pengecatan, pemolesan, penggerindaan, pendempulan, maupun pengamplasan.

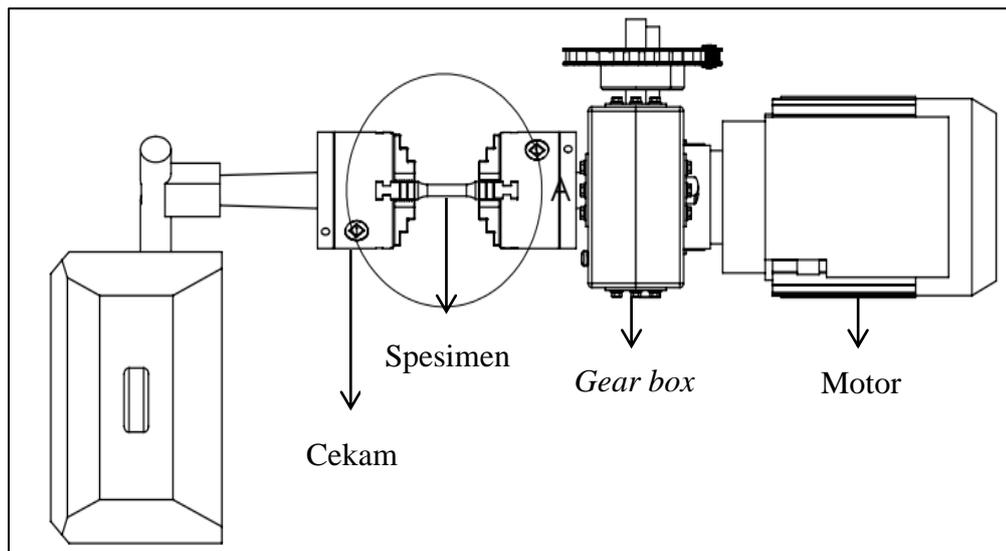
3.7.2 Langkah Pengujian

Penelitian ini melakukan uji kekuatan puntir dengan alat uji tipe *rotary*, adapun langkah-langkah pengujian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Memasang spesimen pada cekam alat uji *rotary*.
- b. Menghidupkan mesin untuk memulai pengujian, pada saat yang bersamaan memulai pencatatan setiap 10° mencatat perubahan beban yang terjadi terhadap waktu dengan stopwatch.

- c. Ketika material patah matikan stopwatch dan mesin.
- d. Mencatat waktu yang diperoleh dari stopwatch dan mencatat putaran yang diperoleh dari indikator.
- e. Menandai material untuk pengujian pertaman dan seterusnya.
- f. Mengulangi langkah 1 sampai dengan 6 untuk pengujian selanjutnya.
- g. Mencatat seluruh data yang dihasilkan selama pengujian.
- h. Setelah selesai matikan mesin dan rapikan kembali ke semula.

3.8 Skema pengujian



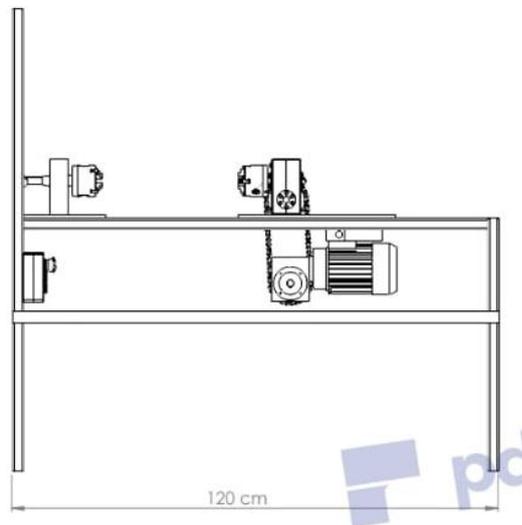
Gambar 3.5 Skema uji puntir (Dokumen pribadi, 2019)

Kekuatan puntir dari baja ST-41 dapat diketahui melalui pengujian puntir dengan meletakkan spesimen pada chart dan di uji, kemudian dapat diketahui beban dan berapa lama spesimen akan terputus, metode pengujian dapat menyesuaikan dari kebutuhan material yang akan di aplikasikan pada suatu poros

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

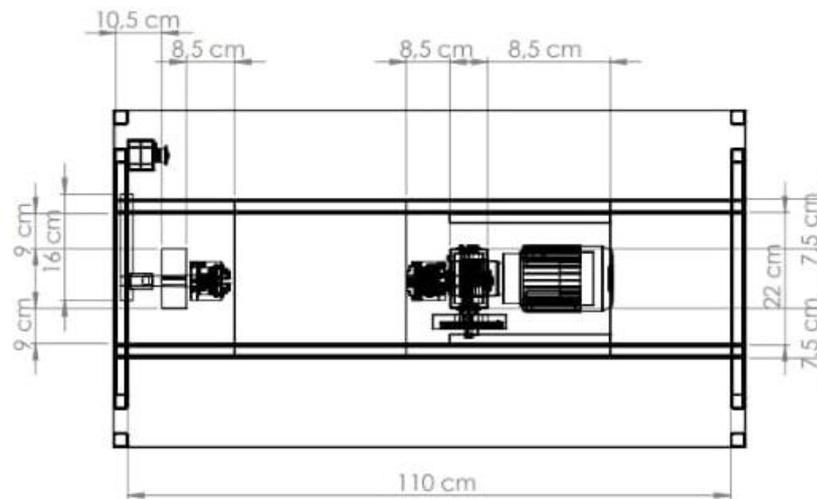
4.1 Pembuatan Desain Alat Uji Kekuatan Puntir

Skripsi ini menghasilkan suatu perancangan alat uji kekuatan puntir bertipe *rotary* yang digunakan sebagai alat untuk menganalisa spesimen agar dalam pemilihan spesimen dapat sesuai dan mencapai masa guna yang diharapkan. Perancangan alat uji diawali dengan pembuatan desain terlebih dahulu, pembuatan desain dilakukan agar memudahkan penguji dalam melakukan perancangan alat uji. Pembuatan desain dilakukan dengan menggunakan aplikasi *solidwork*. Skala dari desain alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* adalah 1 : 100.



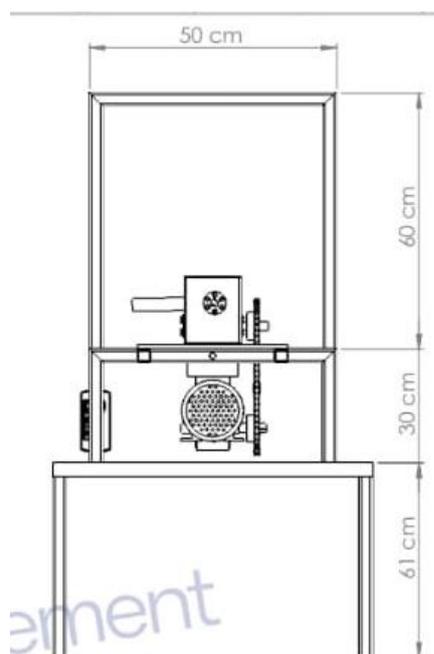
Gambar 4.1 Desain Alat Uji dari Sisi Samping (Dokumen Pribadi, 2020)

Desain alat uji kekuatan puntir dari sisi samping digunakan untuk menentukan ukuran panjang alat uji. Berdasarkan gambar dari desain alat uji diketahui panjang dari alat uji adalah 120 cm.



Gambar 4.2 Desain Alat Uji dari Sisi Atas (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.2 dapat diketahui ukuran dan jarak penempatan dari masing-masing komponen yang ada didalam alat uji kekuatan puntir, seperti ukuran panjang dan lebar *table*, jarak penempatan motor listrik maupun transmisi, dan ukuran dari dimensi motor listrik.



Gambar 4.3 Desain Alat Uji dari Sisi Depan (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.3 dapat diketahui ukuran lebar dan tinggi dari alat uji kekuatan puntir tipe *rotary*. Ukuran lebar dari alat uji adalah 50 cm dan ukuran

tinggi total dari alat uji adalah 151 cm dengan 61 cm merupakan tinggi dari kaki meja, 30 cm merupakan tinggi dari meja, dan 60 cm merupakan tinggi dari tempat dudukan neraca.

4.2 Pembuatan Alat Uji Kekuatan Puntir

Bahan yang digunakan untuk memproduksi peralatan uji kekuatan puntir tipe *rotary* adalah besi hollow dengan tebal 2,5 mm.

4.2.1 Pengukuran Berat Material

Penyusunan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* memerlukan pengeboran dan pemotongan material untuk menyesuaikan dan mendapatkan ukuran yang sesuai dengan yang diharapkan. Pengukuran ini digunakan untuk mengukur rangka alat uji. Proses ini dapat dilakukan dengan beberapa cara pemotongan antara lain yaitu menggunakan gerinda, menggunakan gergaji, atau dibubut.



Gambar 4.4 Pengukuran Berat Rangka Alat Uji (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.4 dapat diketahui hasil dari pengukuran berat rangka alat uji kekuatan puntir adalah 1 kwintal 6 kg. Selain pengukuran rangka alat uji, juga dilakukan pengukuran berat komponen lain, seperti *table*, transmisi 1, transmisi 2, motor listrik, dan *chart*. Pengukuran berat material ini bertujuan untuk menghitung konstruksi alat uji kekuatan puntir.



Gambar 4.5 Pengukuran Berat *Table* (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.5 dapat diketahui bahwa hasil dari pengukuran berat *table* adalah sebesar 26 kg. *Table* tersebut akan digunakan sebagai dudukan transmisi.



Gambar 4.6 Pengukuran Berat Transmisi 1 (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.6 dapat diketahui bahwa hasil dari pengukuran berat transmisi 1 adalah sebesar 8 kg. Transmisi 1 tersebut memiliki *ratio gear* 1 :



Gambar 4.7 Pengukuran Berat Transmisi 2 (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.7 dapat diketahui bahwa hasil dari pengukuran berat transmisi 2 adalah sebesar 12 kg. Transmisi 2 tersebut memiliki *ratio gear* 1 : 60



Gambar 4.8 Pengukuran Berat Motor Listrik (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.8 dapat diketahui bahwa hasil dari pengukuran berat motor listrik adalah sebesar 10 kg.



Gambar 4.9 Pengukuran Berat *Chart* (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.9 dapat diketahui bahwa hasil dari pengukuran berat *chart* atau cekam adalah sebesar 5 kg.

4.2.2 Penggabungan Rangka Alat Uji

Bahan yang telah selesai dipotong akan disambung atau dilakukan pengelasan dengan menggunakan las listrik. Sebelum melakukan penyambungan terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu membersihkan bahan yang akan disambung atau dilas dari minyak maupun kotoran lainnya, mengatur besarnya arus sesuai dengan kebutuhan, material yang akan dilas diletakkan pada tempat yang aman dan mudah dijangkau ketika pengelasan, melakukan pemanasan awal pada material yang terhubung dengan listrik.



Gambar 4.10 Proses Pengelasan Rangka Alat Uji (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.10 dapat diketahui tahap pengelasan telah dilakukan setelah semua tahap sesuai dengan ketentuan. Setelah pengelasan dilakukan maka langkah selanjutnya yaitu melakukan perakitan seluruh material yang telah dibuat sesuai dengan desain yang telah dibuat sebelumnya menjadi bagian yang utuh.



Gambar 4.11 *Table* Motor Penggerak dan Transmisi (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.11 dapat diketahui *table* atau meja yang akan digunakan sebagaiudukan untuk motor penggerak dan transmisi.



Gambar 4.12 Pemasangan Trasmisi (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.12 dapat diketahui proses pemangasang transmisi dan motor listrik. Pada proses ini juga dilakukan pembuatan gear penggerak dan juga pemasangan rantai untuk menghubungkan bagian atas dan bawah.



Gambar 4.13 Pembuatan Dudukan *Fix Chart* (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.13 dapat diketahui proses pembuatan dudukan untuk *fix chart*. Pembuatan dilakukan dengan meluruskan *chart* tetap dengan *chart* penggerak. Setelah *chart* tetap dan *chart* penggerak lurus, maka akan dibuatkan dudukan untuk *fix chart* atau *chart* tetap.



Gambar 4.14 Alat Uji Kekuatan Puntir Tipe *Rotary* (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.14 dapat diketahui hasil akhir dari perancangan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary*. Setelah semua komponen dipasang, maka akan dilakukan tahap akhir yaitu *finishing* yang bertujuan untuk membuat tampilan luar alat uji terlihat lebih menarik. Langkah *finishing* dilakukan dengan beberapa proses yaitu pengecatan, pemolesan, penggerindaan, pendempulan, dan pengamplasan.



Gambar 4.15 Detail Neraca (Dokumen Pribadi, 2020)

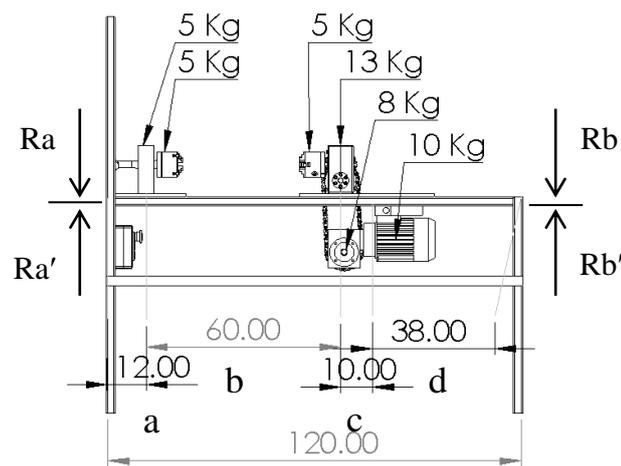


Gambar 4.16 Detail Lengan (Dokumen Pribadi, 2020)

Gambar 4.15 dan 4.16 merupakan gambar detail neraca dan lengan dimana untuk poros dikunci oleh lengan neraca yang secara tegak lurus menuju neraca seperti pada gambar, dan apabila terdapat perbedaan sudut dapat disetel ulang pada bagian atas dari neraca.

4.2.3 Penghitungan Struktur Rangka

a. Arah Memanjang



Gambar 4.17 Struktur Rangka dan Beban Tampak Memanjang (Dokumen Pribadi, 2020)

Perhitungan reaksi tumpuan digunakan untuk mengukur ketahanan suatu konstruksi.

$$\Sigma F_v = 0$$

$$R_A - 10 - 26 - 10 + R_B = 0$$

$$R_A + R_B = 46 \text{ Newton}$$

$$\Sigma F_H = R_A' - \tan 45^\circ 10 - \tan 45^\circ 26 - \tan 45^\circ 10 + R_B'$$

$$= R_A' - 10 - 26 - 10 + R_B'$$

$$\therefore R_A' = R_A$$

$$R_B' = R_B$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_A \cdot 0 - 10a - 26ab - 10abc + R_Babcd = 0$$

$$R_B(a + b + c + d) = 10a + 26(a + b) + 10(a + b + c)$$

$$R_B = \frac{10a + 26(a + b) + 10(a + b + c)}{a + b + c + d}$$

$$\therefore R_B = \frac{10 \times 12 + 26(12 + 60) + 10(12 + 60 + 10)}{12 + 60 + 10 + 38}$$

$$= \frac{120 + 1872 + 820}{120}$$

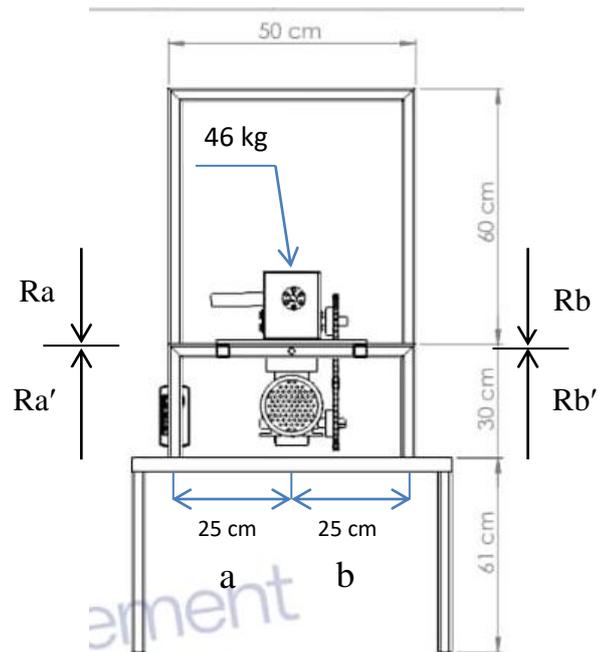
$$= 23,43 \text{ Newton}$$

$$\therefore R_A = 46 - R_B$$

$$R_A = 46 - 23,43$$

$$R_A = 22,57 \text{ Newton}$$

b. Arah Melebar



Gambar 4.18 Struktur Rangka dan Beban Tampak Melebar (Dokumen Pribadi, 2020)

$$\Sigma F_v = 0$$

$$R_A - 46 + R_B = 0$$

$$R_A + R_B = 46 \text{ Newton}$$

$$\Sigma F_H = R_A' - \tan 45^\circ 46 + R_B'$$

$$= R_A' - 46 + R_B'$$

$$\therefore R_A' = R_A$$

$$R_B' = R_B$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_A \cdot 0 - 46a + R_B(a + b) = 0$$

$$R_B(a + b) = 46a$$

$$R_B = \frac{46a}{a + b}$$

$$\therefore R_B = \frac{46 \times 25}{25 + 25}$$

$$= \frac{1.150}{50}$$

$$= 23 \text{ Newton}$$

$$\therefore R_A = 46 - R_B$$

$$R_A = 46 - 23$$

$$R_A = 23 \text{ Newton}$$

Tabel 4.1 Spesifikasi Besi Hollow Tipe Kotak

Material	Berat Spesifik		Kekuatan Tarik (N/m ²)	Kekuatan Tekan (N/m ²)	Modulus Elastisitas (N/m ²)
	Lb/ft ³	Kg/m ³			
Baja	485	7800	2100000	1900000	2000000

Sumber : Kadir (2013)

Berdasarkan tabel 4.1 diketahui kekuatan tarik dari baja yaitu sebesar 2100000 N/m² dan kekuatan tekan dari baja yaitu sebesar 1900000 N/m². Diketahui nilai rangka memanjang R_A dari perhitungan kontruksi adalah sebesar 22,57 Newton dan nilai R_B adalah sebesar 23,43 Newton, sehingga jumlah dari R_A dan R_B sebesar 46 Newton. Berdasarkan perhitungan kontruksi maka didapat kesimpulan :

a. Kekuatan tarik baja 2100000 N/m² > Daripada jumlah R_A' dan R_B'

b. Kekuatan tekan baja 1900000 N/m² > Daripada jumlah R_A dan R_B

Diketahui nilai rangka melebar R_A dari perhitungan kontruksi adalah sebesar 23 Newton dan nilai R_B adalah sebesar 23 Newton, sehingga jumlah dari R_A dan R_B adalah sebesar 46 Newton. Berdasarkan perhitungan kontruksi maka didapat kesimpulan :

a. Kekuatan tarik baja 2100000 N/m² > Daripada jumlah R_A' dan R_B'

b. Kekuatan tekan baja 1900000 N/m² > Daripada jumlah R_A dan R_B

4.2.4 Perhitungan Torsi Alat Uji

Motor listrik adalah suatu alat yang dapat mengubah Energi listrik menjadi tenaga gerak (putar), dan hal ini tentunya dipengaruhi oleh 3 faktor, yaitu daya listrik yang digunakan, berapa kecepatannya putaran yang dihasilkan, dan berapa besar tenaganya (torsi). Motor listrik yang memiliki tenaga putar lebih kuat memiliki daya yang besar, selain itu kecepatan putaran motor listrik juga berpengaruh terhadap besar kecilnya tenaga putar (torsi) yang dihasilkan, semakin besar RPM maka akan semakin kecil tenaga (torsi)

Perhitungan torsi alat uji digunakan untuk mengetahui nilai torsi dari alat uji dan mengetahui *range* kekuatan dari motor dan menghindarkan dari kerusakan motor akibat motor tidak bisa memuntir spesimen.

$$\begin{aligned} T &= \frac{(5252 \times P)}{n} \\ &= \frac{(5252 \times 0,5 \text{ hp})}{1 \text{ Rpm}} \\ &= 2626 \text{ Nm} \end{aligned}$$

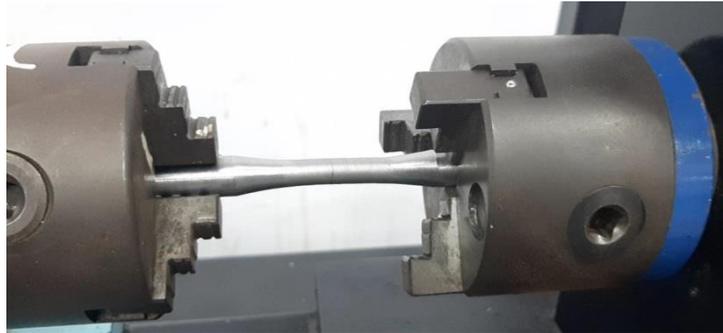
Perhitungan diatas merupakan perhitungan rpm berdasarkan putaran dari *final gear* yang dibantu dengan busur derajat dan saat mesin tanpa memiliki beban yaitu 1 rpm. Standar putaran atau RPM di ASTM adalah maksimal 5 rpm, sedangkan putaran pada alat uji perancangan adalah 1 rpm, sehingga RPM alat uji hasil perancangan sudah memenuhi standar ASTM untuk putaran.

4.3 Pengujian

4.3.1 Patahan

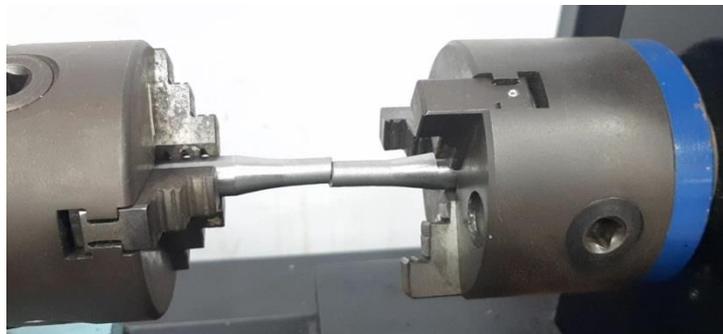
a. Proses Patahan

Perpatahan terjadi dengan adanya retakan dan merembet hingga membuat retakan besar, retakan disebabkan oleh adanya momen puntir yang terjadi.



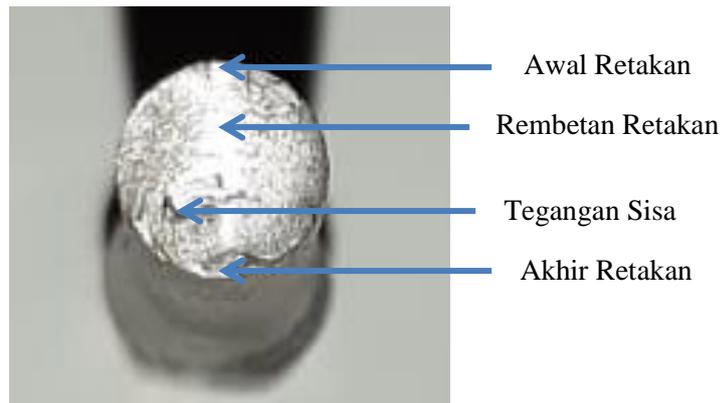
Gambar 4.19 Awal Retakan (Dokumen Pribadi, 2020)

patahan terjadi saat putaran mencapai batas kemampuan dari spesimen yang di indikasi awal retakan sampai berakhir putusnya spesimen. Hasil pengujian menunjukkan spesimen bertakik lebih cepat mengalami perpatahan daripada spesimen tanpa takik.



Gambar 4.20 Patah Sempurna (Dokumen Pribadi, 2020)

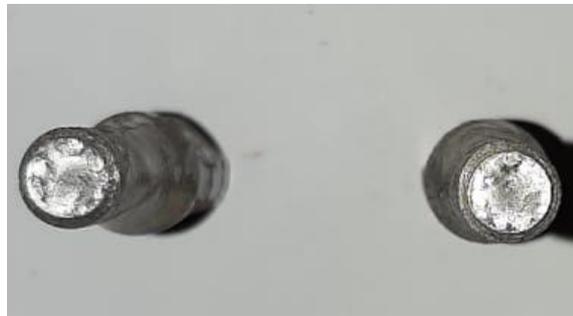
Awal retakan terjadi akibat momen puntir di sekitar retakan, retakan kecil akan merembet secara melingkar kedalam. Rembetan ini perlahan memisahkan kedua sisi spesimen dan berakhir pada akhir retakan, pada akhir retakan spesimen belum benar-benar terpisah dikarenakan terdapat tegangan sisa. Tegangan sisa inilah yang menyebabkan spesimen belum terpisah secara sempurna dan membutuhkan beberapa waktu untuk benar-benar terpisah, dan jarum neraca menunjukkan angka nol.



Gambar 4.21 Penampang Patahan Spesimen (Dokumen Pribadi, 2020)

b. Hasil Patahan

1. Spesimen Bertakik



Gambar 4.22 Penampang Patahan Spesimen Bertakik (Dokumen Pribadi, 2020)

Spesimen bertakik memiliki hasil patahan yang rapi dan berada pada pusat atau bagian tengah takik. Ketahanan spesimen bertakik sendiri, spesimen tidak bisa menahan momen yang tinggi.



Gambar 4.23 Patahan Spesimen Bertakik (Dokumen Probadi, 2020)

2. Spesimen Tidak Bertakik



Gambar 4.24 Penampang Patahan Spesimen Tanpa Takik (Dokumen Pribadi, 2020)

Spesimen tanpa takik memiliki hasil patahan yang tidak rapi dan tidak berada pada pusat. Ketahanan spesimen tanpa takik sendiri, spesimen mampu menahan momen yang tinggi.



Gambar 4.25 Patahan Spesimen Tanpa Takik (Dokumen Pribadi, 2020)

c. Komparasi Patahan Alat Uji Standar dan Alat Uji Hasil Perancangan



Spesimen Alat Uji Perancangan



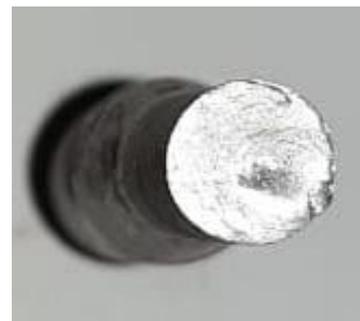
Spesimen Alat Uji Standar

Gambar 4.26 Komparasi Patahan Spesimen (Dokumen Pribadi, 2020)

Gambar 4.26 menunjukkan perbedaan patahan spesimen yang diuji dengan menggunakan alat uji standar dan alat uji hasil perancangan. Panjang patahan pada spesimen alat uji standar terletak pada bagian tengah dan terdapat bekas puntiran yang terjadi di ujung spesimen, sedangkan untuk spesimen alat uji hasil perancangan patahan terjadi pada pangkal spesimen dan penyesuaian spesimen harus di lakukan untuk menghindari slip.



Spesimen Alat Uji Perancangan



Spesimen Alat Uji Standar

Gambar 4.27 Komparasi Penampangan Patahan Spesimen (Dokumen Pribadi, 2020)

Gambar 4.27 menunjukkan perbedaan penampangan patahan spesimen yang diuji dengan menggunakan alat uji standar dan alat uji hasil perancangan. Permukaan patahan spesimen alat uji standar memiliki kontur yang lebih halus dan rapi sedangkan untuk spesimen alat uji hasil perancangan memiliki kontur yang lebih kasar dan memiliki patahan yang kurang rapi.

4.3.2 Pengujian Alat Uji Kekuatan Puntir Tipe *Rotary*

Alat uji kekuatan puntir memerlukan pengujian terlebih dahulu sebelum digunakan secara umum. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil pengujian dari perancangan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* apakah sudah sesuai dengan alat uji kekuatan puntir yang standar. Alat uji kekuatan puntir standar yang digunakan untuk mengkomparasi alat uji kekuatan puntir hasil perancangan peneliti adalah alat uji kekuatan puntir milik Politeknik Negeri Malang.

Pengujian dilakukan dengan melakukan pemasangan spesimen tanpa takik pada cekam alat uji *rotary*. Pengujian dilakukan pada 4 variasi spesimen baja ST-41. Langkah pertama pengujian yaitu dengan menghidupkan mesin untuk memulai pengujian, pada saat yang bersamaan juga memulai pencatatan disetiap 10° dengan mencatat perubahan beban yang terjadi terhadap waktu dengan stopwatch. Ketika material patah maka stopwatch dan mesin akan dimatikan, kemudian mencatat waktu yang diperoleh dari stopwatch dan mencatat putaran yang diperoleh dari indikator. Selanjutnya adalah menandai material untuk pengujian pertama dan seterusnya.

Hasil pengujian alat uji kekuatan puntir dilakukan pada alat uji standard an alat uji hasil perancangan. Hasil pengujian pada masing-masing spesimen dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Alat Uji Kekuatan Puntir

Sudut Derajat (°)	Standar 1 (Nm)	Standar 2 (Nm)	Standar 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)	Rancang 1 (Nm)	Rancang 2 (Nm)	Rancang 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)
10	1.5	1.3	2.1	1.63	2	2	3	2.33
20	2.2	1.6	2.45	2.08	2.1	3.3	3.15	2.85
30	2.6	2.6	2.6	2.60	2.2	3.45	3.3	2.98
40	2.65	2.95	2.7	2.77	2.3	3.525	3.3	3.04
50	2.7	2.95	2.8	2.82	2.35	3.6	3.3	3.08
60	2.8	3	2.85	2.88	2.4	3.675	3.3	3.13
70	2.85	3.1	2.95	2.97	2.45	3.675	3.375	3.17
80	2.85	3.15	2.95	2.98	2.5	3.75	3.375	3.21
90	2.9	3.15	2.95	3.00	2.5	3.75	3.375	3.21
100	2.9	3.15	3	3.02	2.5	3.75	3.45	3.23
110	2.95	3.15	3	3.03	2.5	3.75	3.525	3.26
120	2.95	3.2	3	3.05	2.5	3.75	3.525	3.26

Sudut Derajat (°)	Standar 1 (Nm)	Standar 2 (Nm)	Standar 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)	Rancang 1 (Nm)	Rancang 2 (Nm)	Rancang 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)
130	2.95	3.2	3	3.05	2.5	3.75	3.6	3.28
140	2.95	3.2	3	3.05	2.5	3.75	3.6	3.28
150	2.95	3.2	3	3.05	2.5	3.75	3.6	3.28
160	2.95	3.25	3	3.07	2.5	3.75	3.6	3.28
170	2.95	3.25	3.05	3.08	2.5	3.75	3.6	3.28
180	2.95	3.25	3.05	3.08	2.55	3.75	3.6	3.30
190	3	3.25	3.05	3.10	2.6	3.75	3.6	3.32
200	3	3.25	3.05	3.10	2.6	3.75	3.6	3.32
210	3	3.25	3.05	3.10	2.6	3.75	3.6	3.32
220	3.05	3.3	3.05	3.13	2.6	3.75	3.6	3.32
230	3.05	3.3	3.05	3.13	2.6	3.75	3.6	3.32
240	3.05	3.3	3.1	3.15	2.6	3.75	3.6	3.32
250	3.05	3.3	3.1	3.15	2.6	3.75	3.6	3.32
260	3.05	3.3	3.1	3.15	2.6	3.75	3.6	3.32
270	3.05	3.3	3.1	3.15	2.6	3.75	3.6	3.32
280	3.05	3.3	3.1	3.15	2.6	3.75	3.6	3.32
290	3.05	3.3	3.1	3.15	2.6	3.75	3.6	3.32
300	3.05	3.3	3.1	3.15	2.6	3.75	3.6	3.32
310	3.05	3.3	3.1	3.15	2.6	3.75	3.6	3.32
320	3.05	3.3	3.15	3.17	2.6	3.75	3.6	3.32
330	3.05	3.3	3.15	3.17	2.6	3.75	3.6	3.32
340	3.05	3.3	3.15	3.17	2.6	3.75	3.6	3.32
350	3.05	3.3	3.15	3.17	2.6	3.75	3.6	3.32

Sudut Derajat (°)	Standar 1 (Nm)	Standar 2 (Nm)	Standar 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)	Rancang 1 (Nm)	Rancang 2 (Nm)	Rancang 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)
360	3.05	3.3	3.15	3.17	2.6	3.75	3.6	3.32
10	3.05	3.3	3.2	3.18	2.6	3.75	3.6	3.32
20	3.05	3.3	3.2	3.18	2.6	3.75	3.675	3.34
30	3.05	3.35	3.2	3.20	2.6	3.75	3.675	3.34
40	3.05	3.35	3.2	3.20	2.6	3.825	3.675	3.37
50	3.05	3.35	3.2	3.20	2.6	3.825	3.675	3.37
60	3.05	3.35	3.2	3.20	2.6	3.825	3.675	3.37
70	3.05	3.35	3.2	3.20	2.6	3.825	3.675	3.37
80	3.05	3.35	3.2	3.20	2.6	3.825	3.675	3.37
90	3.05	3.35	3.2	3.20	2.6	3.825	3.675	3.37
100	3.05	3.35	3.2	3.20	2.6	3.825	3.675	3.37
110	3.05	3.35	3.2	3.20	2.6	3.825	3.675	3.37
120	3.1	3.35	3.2	3.22	2.65	3.825	3.675	3.38
130	3.1	3.35	3.2	3.22	2.65	3.825	3.675	3.38
140	3.1	3.35	3.2	3.22	2.65	3.825	3.675	3.38
150	3.1	3.4	3.2	3.23	2.65	3.825	3.675	3.38
160	3.1	3.4	3.2	3.23	2.65	3.825	3.675	3.38
170	3.1	3.4	3.2	3.23	2.65	3.825	3.75	3.41
180	3.1	3.45	3.2	3.25	2.7	3.825	3.75	3.43
190	3.1	3.45	3.2	3.25	2.7	3.825	3.75	3.43
200	3.15	3.45	3.2	3.27	2.7	3.825	3.75	3.43
210	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.825	3.75	3.43
220	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.825	3.75	3.43

Sudut Derajat (°)	Standar 1 (Nm)	Standar 2 (Nm)	Standar 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)	Rancang 1 (Nm)	Rancang 2 (Nm)	Rancang 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)
230	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.825	3.75	3.43
240	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.825	3.75	3.43
250	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.825	3.75	3.43
260	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.825	3.75	3.43
270	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.825	3.75	3.43
280	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.825	3.75	3.43
290	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.9	3.75	3.45
300	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.9	3.75	3.45
310	3.15	3.5	3.2	3.28	2.7	3.9	3.75	3.45
320	3.15	3.5	3.25	3.30	2.7	3.9	3.75	3.45
330	3.15	3.5	3.25	3.30	2.7	3.9	3.75	3.45
340	3.15	3.5	3.25	3.30	2.7	3.9	3.75	3.45
350	3.15	3.5	3.25	3.30	2.7	3.9	3.75	3.45
360	3.15	3.5	3.25	3.30	2.7	3.9	3.75	3.45
10	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.9	3.825	3.48
20	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.975	3.825	3.50
30	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.975	3.825	3.50
40	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.975	3.825	3.50
50	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.975	3.825	3.50
60	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.975	3.825	3.50
70	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.975	3.825	3.50
80	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.975	3.825	3.50
90	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.975	3.825	3.50

Sudut Derajat (°)	Standar 1 (Nm)	Standar 2 (Nm)	Standar 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)	Rancang 1 (Nm)	Rancang 2 (Nm)	Rancang 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)
100	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.975	3.825	3.50
110	3.15	3.5	3.4	3.35	2.7	3.975	3.825	3.50
120	3.2	3.5	3.4	3.37	2.7	3.975	3.825	3.50
130	3.2	3.5	3.4	3.37	2.7	3.975	3.825	3.50
140	3.2	1.5	3.4	2.70	2.75	3.975	3.825	3.52
150	3.2	0.6	3.4	2.40	2.75	3.975	3.9	3.54
160	3.2	0.6	3.4	2.40	2.75	3.975	3.9	3.54
170	3.2	0.5	3.4	2.37	2.75	3.975	3.9	3.54
180	3.2	0	3.4	2.20	2.75	3.975	3.9	3.54
190	3.2	0	3.4	2.20	2.8	3.975	3.9	3.56
200	3.25	0	3.4	2.22	2.8	3.975	3.9	3.56
210	3.25	0	3.4	2.22	2.8	3.975	3.9	3.56
220	3.25	0	3.4	2.22	2.8	3.975	3.9	3.56
230	3.25	0	3.4	2.22	2.8	3.975	3.9	3.56
240	3.25	0	3.4	2.22	2.8	3.975	3.9	3.56
250	3.25	0	3.4	2.22	2.8	3.975	3.9	3.56
260	3.25	0	3.4	2.22	2.8	4.05	3.9	3.58
270	3.25	0	3.4	2.22	2.8	4.05	3.9	3.58
280	3.25	0	3.4	2.22	2.8	4.05	3.9	3.58
290	3.25	0	3.4	2.22	2.8	4.05	3.9	3.58
300	3.25	0	3.4	2.22	2.8	4.05	3.9	3.58
310	3.25	0	3.4	2.22	2.8	4.05	3.9	3.58
320	3.25	0	3.45	2.23	2.8	4.05	3.9	3.58

Sudut Derajat (°)	Standar 1 (Nm)	Standar 2 (Nm)	Standar 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)	Rancang 1 (Nm)	Rancang 2 (Nm)	Rancang 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)
330	3.25	0	3.45	2.23	2.8	4.05	3.9	3.58
340	3.25	0	3.45	2.23	2.8	4.05	3.9	3.58
350	3.25	0	3.45	2.23	2.8	4.05	3.9	3.58
360	3.25	0	3.45	2.23	2.8	4.05	3.9	3.58
10	2.5	0	3.5	2.00	2.8	4.05	3.9	3.58
20	1.4	0	3.5	1.63	2.8	4.05	3.9	3.58
30	1	0	3.5	1.50	2.8	4.05	3.9	3.58
40	0.5	0	3.5	1.33	2.8	4.05	3.9	3.58
50	0	0	3.5	1.17	2.8	4.05	3.9	3.58
60	0	0	3.5	1.17	2.8	4.05	3.9	3.58
70	0	0	3.5	1.17	2.8	4.05	3.9	3.58
80	0	0	3.5	1.17	2.8	4.05	3.9	3.58
90	0	0	3.5	1.17	2.8	4.05	3.9	3.58
100	0	0	3.5	1.17	2.8	4.05	3.9	3.58
110	0	0	3.5	1.17	2.8	4.05	3.9	3.58
120	0	0	1	0.33	2.8	4.05	3.9	3.58
130	0	0	0.6	0.20	2.8	4.05	3.9	3.58
140	0	0	0.45	0.15	2.8	4.05	3.9	3.58
150	0	0	0.35	0.12	2.8	4.05	3.9	3.58
160	0	0	0.25	0.08	2.8	4.05	3.9	3.58
170	0	0	0	0.00	2.8	4.05	3.9	3.58
180	0	0	0	0.00	2.8	4.05	3.9	3.58
190	0	0	0	0.00	2.8	4.05	3.9	3.58

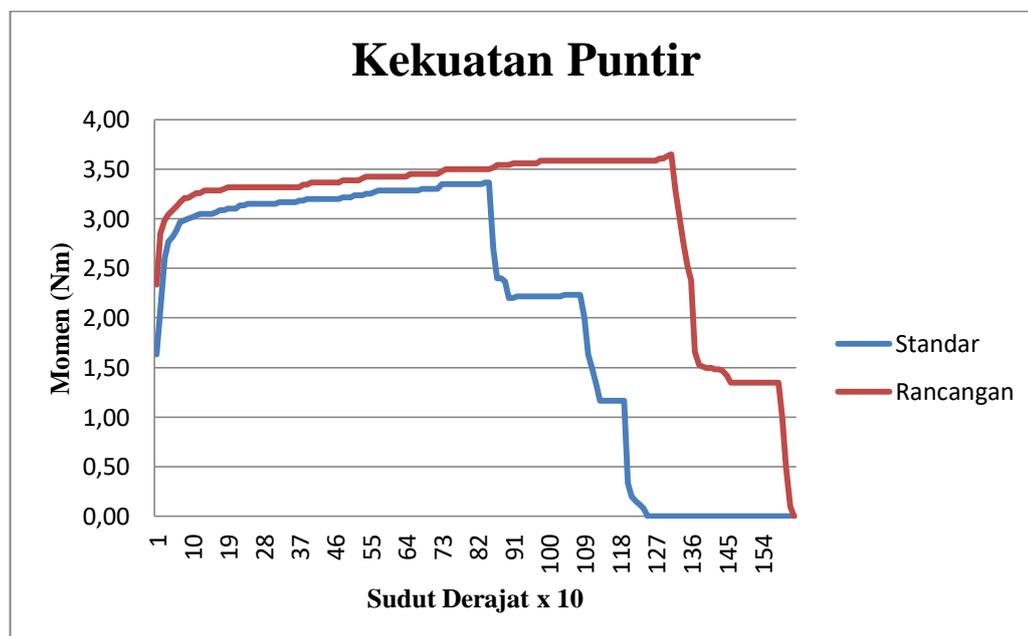
Sudut Derajat (°)	Standar 1 (Nm)	Standar 2 (Nm)	Standar 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)	Rancang 1 (Nm)	Rancang 2 (Nm)	Rancang 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)
200	0	0	0	0.00	2.8	4.05	3.975	3.61
210	0	0	0	0.00	2.8	4.05	3.975	3.61
220	0	0	0	0.00	2.8	4.125	3.975	3.63
230	0	0	0	0.00	2.85	4.125	3.975	3.65
240	0	0	0	0.00	2.85	3	3.975	3.28
250	0	0	0	0.00	2.85	2.25	3.975	3.03
260	0	0	0	0.00	2.85	1.5	3.975	2.78
270	0	0	0	0.00	2.85	0.75	3.975	2.53
280	0	0	0	0.00	2.85	0.3	3.975	2.38
290	0	0	0	0.00	1	0	3.975	1.66
300	0	0	0	0.00	0.6	0	3.975	1.53
310	0	0	0	0.00	0.55	0	3.975	1.51
320	0	0	0	0.00	0.5	0	3.975	1.49
330	0	0	0	0.00	0.45	0	4.05	1.50
340	0	0	0	0.00	0.4	0	4.05	1.48
350	0	0	0	0.00	0.4	0	4.05	1.48
360	0	0	0	0.00	0.35	0	4.05	1.47
10	0	0	0	0.00	0.2	0	4.05	1.42
20	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
30	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
40	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
50	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
60	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35

Sudut Derajat (°)	Standar 1 (Nm)	Standar 2 (Nm)	Standar 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)	Rancang 1 (Nm)	Rancang 2 (Nm)	Rancang 3 (Nm)	Rata-rata (Nm)
70	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
80	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
90	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
100	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
110	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
120	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
130	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
140	0	0	0	0.00	0	0	4.05	1.35
150	0	0	0	0.00	0	0	3	1.00
160	0	0	0	0.00	0	0	1.5	0.50
170	0	0	0	0.00	0	0	0.3	0.10
180	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00

Sumber : Data Primer (2020)

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui perbandingan hasil pengujian alat uji standar dan alat uji hasil perancangan dengan menggunakan 3 variasi spesimen baja ST-41. Pengujian dengan menggunakan spesimen pertama pada alat uji standar dapat dipatahkan pada sudut 50° pada putaran keempat, sedangkan pada alat uji hasil perancangan spesimen dapat dipatahkan pada sudut 20° pada putaran kelima. Pengujian dengan menggunakan spesimen kedua pada alat uji standar dapat dipatahkan pada sudut 180° pada putaran ketiga, sedangkan pada alat uji hasil perancangan spesimen dapat dipatahkan pada sudut 290° pada putaran keempat. Pengujian dengan menggunakan spesimen ketiga pada alat uji standar dapat dipatahkan pada sudut 170° pada putaran keempat, sedangkan pada alat uji hasil perancangan spesimen dapat dipatahkan pada sudut 180° pada putaran kelima.

Hasil pengujian yang didapat dari alat uji kekuatan puntir standar maupun alat uji kekuatan puntir hasil perancangan akan dikomparasikan dengan menggunakan grafik. Hal ini bertujuan untuk mempermudah pembacaan dari hasil pengujian. Hasil komparasi data dari pengujian pada spesimen dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.28 Grafik Hasil Pengujian Kekuatan Puntir (Dokumen Pribadi, 2020)

Berdasarkan gambar 4.26 dapat diketahui bahwa alat uji kekuatan puntir standar dapat mematahkan ketiga spesimen rata-rata pada sudut 140° pada putaran ketiga dan benar-benar putus pada sudut 170° pada putaran keempat, sedangkan alat uji kekuatan puntir hasil perancangan dapat mematahkan ketiga spesimen rata-rata pada sudut 230° pada putaran keempat dan benar-benar putus pada sudut 180° pada putaran kelima.

Pada alat uji standar terjadi kenaikan signifikan pada 10° sampai 30° putaran pertama menyentuh angka 2,60 Nm. Momen mengalami kenaikan konstan dari 30° putaran pertama sampai 10° putaran ketiga sampai pada puncak tertinggi dari grafik adalah pada 130° putaran ketiga dengan momen terbaca 3,37 Nm dan turun secara drastis sampai menyentuh angka 0 kg dari 130° putaran ketiga sampai 170° pada putaran keempat.

Pada alat uji hasil perancangan terjadi kenaikan signifikan pada 10° sampai 20° putaran pertama menyentuh angka 2,85 Nm. Momen mengalami kenaikan konstan dari 20° putaran pertama sampai 200° putaran keempat sampai pada puncak tertinggi dari grafik adalah pada 230° putaran keempat dengan momen terbaca 3,65 Nm dan turun secara drastis sampai menyentuh angka 0 kg dari 230° putaran ketiga sampai 180° pada putaran kelima.

Alat uji standar memiliki kekuatan maksimal pada saat putus pada sudut 130° putaran ketiga dengan momen terbaca 3,37 Nm, dan alat uji hasil perancangan memiliki kekuatan maksimal pada saat putus pada 230° putaran keempat dengan momen terbaca 3,65 Nm. Kekuatan maksimal tersebut terdapat selisih sebesar 7,67% dari 3,65 Nm.

Berdasarkan data hasil penelitian dari perancangan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* dapat diketahui grafik dari alat uji perancangan memiliki bentuk yang tinggi untuk momen dan lebih pendek untuk sudut derajat dibandingkan dengan alat uji kekuatan puntir standar. Hal ini dapat disebabkan karena adanya *losses* pada saat mesin berputar tetapi spesimen tidak berputar yang diakibatkan karena *chart* yang kurang kuat dalam mencekam spesimen, sehingga perlu adanya penyesuaian dengan cara memberikan kontur terhadap spesimen yang ada di alat uji hasil perancangan sehingga pencekaman lebih optimal. Momen yang lebih tinggi dari alat uji perancangan dibandingkan alat uji standar dikarenakan lengan beban yaitu jarak antara poros dan timbangan alat uji perancangan lebih panjang yang dapat menyebabkan terjadinya perbedaan angka dengan alat uji standar, untuk mengatasi perbedaan angka yang ada yaitu dapat dilakukan dengan cara memperpendek jarak lengan beban yang ada pada alat uji hasil perancangan, sehingga pengukurannya lebih presisi.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan terkait perancangan alat uji kekuatan puntir tipe *rotary* yaitu :

- a. Alat uji hasil perancangan bekerja dengan baik dan sesuai fungsi dengan didukung oleh adanya motor dan transmisi yang sama dengan milik alat uji kekuatan puntir standar. Terdapat *losses*, pada saat mesin berputar tetapi spesimen tidak berputar yang diakibatkan karena *chart* yang kurang kuat dalam mencekam spesimen yang menyebabkan grafik dari alat uji perancangan memiliki bentuk yang tinggi untuk berat dan lebih pendek untuk sudut derajat dibandingkan dengan alat uji kekuatan puntir standar. Berat yang lebih rendah dari alat uji perancangan dibandingkan alat uji standar dikarenakan lengan beban yaitu jarak antara poros dan timbangan alat uji perancangan lebih panjang yang dapat menyebabkan terjadinya perbedaan angka dengan alat uji standar.
- b. Terdapat perbedaan angka dari hasil pengujian pada alat uji kekuatan puntir hasil rancangan dan alat uji kekuatan puntir standar. Alat uji standar memiliki kekuatan maksimal pada saat putus pada sudut 130° putaran ketiga dengan momen terbaca 3,37 Nm, dan alat uji hasil perancangan memiliki kekuatan maksimal pada saat putus pada 230° putaran keempat dengan momen terbaca 3,65 Nm. Kekuatan maksimal tersebut terdapat selisih sebesar 7,67% dari 3,65 Nm

5.2 Saran

Penelitian ini mengusulkan beberapa saran atau masukan yang dapat digunakan sebagai bahan untuk masukan ataupun saran yang bermanfaat :

- a. Perlu adanya penyesuain untuk perancangan alat uji dengan cara memberikan kontur terhadap spesimen yang ada di alat uji hasil perancangan sehingga pencekaman lebih optimal.
- b. Perbedaan angka dalam patahan spesimen dapat diatasi dengan cara memperpendek jarak lengan beban yang ada pada alat uji hasil perancangan, sehingga pengukurannya lebih presisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirudin, A dan Lubis, F. A., “Analisa Pengujian Lelah Material Tembaga dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine”, Vol. 4. Hal. 93-99.
- Dieter, George E., 1992. *Metalurgi Mekanik Jilid 1*, edisi ketiga, alih bahasa oleh Sriati Djafrie, Erlangga. Jakarta.
- Dowling, N. E., 1991. *Mechanical Behaviour of Material*. Prentice. New Jersey.
- Haftirman, “*Fatigue Stregth of Steel in High Humadity Environment.*”, Transaction of the Japan Society of Mechanical Engineers, Japan, pp 1174-1184, 1995.
- Hasan, I., 2006. “*Kekuatan Lelah Baja HQ 705 dan Baja Thyrodur 1730 di Lingkungan Kelembaban Tinggi*”. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Jatmiko, S. dan S. Jokosisworo. 2012. “*Analisis Kekuatan Puntir dan Kekuatan Lentur Putar Poros Baja ST-60 Sebagai Aplikasi Perencanaan Bahan Poros Baling-baling*”. *KAPAL : Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, vol. 5, no. 1, pp. 42-51
- Kadir, Andi Muhdiar., D. Priadi., E.S Siradj, dan H. Setiyono. 2013. “*Investigasi Eksperimental Perilaku Profil Baja Ringan Berpenampang Persegi Akibat Interaksi Beban Tekan Memusat dan Momen Lentur*”. *Majalah Metalurgi* hal 33-48
- Ko Haeng-Nam, “*Fatigue Behaviour of High Carbon Chromium Steel in Controlled Humidity*”. Original Paper. Vol. 51. No. 8, pp. 992.
- Ma’arif, F. 2012. *Mekanika Teknik 01*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Muharnif, M. dan R. Septiawan. 2018. “*Analisa Pengujian Lelah Material Stainless Steel 304 dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine*”. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, Vol. 1, No. 1, 64-73
- Mustofa, A., S. Jokosisworo, A. W Budi S. 2018. “*Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar dan Kekuatan Puntir Baja ST-41 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Quenching*”. *Jurnal Teknik Perkapalan* Vol. 6, No.1

- Nakajima, M., “*Step Wise S-N Curve Assisted by Humidity in High Strength Steel*”. Original Paper. Vol. 50. No. 9, pp. 954.
- Nugroho, R. P., 2018. *Rancang Bangun Mesin Fatigue Rotary Bending dengan Pengujian Tipe ASTM E-466*, Program Sarjana Universitas Negeri Malang.
- Pratowo, B., I. Surya, Witoni. 2019. “*Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 dengan Tipe Rotary Bending*”. Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 7 No.1
- Rahmatullah dan Ahmad, R. “*Analisa Pengujian Lelah Material Bronze dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine*”, Vol.1. Hal. 1-11.
- Reyes, G. and H. Kang. 2007. “*Mechanical behavior of lightweight thermoplastic fiber-metal laminates*”. Journal of Materials Processing Technology 186 (2007) 284–290
- Setyawan, D., F. Rhozman, A. Mufarrih. 2018. “*Pengaruh proses perlakuan panas terhadap penggunaan media pendingin terhadap kekuatan tarik material ST-41*”. Jurnal Mesin Nusantara, Vol. 1, No. 1
- Sugiarto, T., Zulhanif, Sugiyanto. 2013. “*Analisis Uji Ketahanan Lelah Baja Karbon Sedang AISI 1045 dengan Heat Treatment (Quenching) dengan Menggunakan Alat Rotary Bending*”. JURNAL FEMA, Volume 1, Nomor 3
- Sularso, Kiyoto Suga. (2002). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Su’udi, A., Tanti, N. dan Pandoyo, T. G.2013. “*Perencanaan Gearbox dan Perhitungan Daya Motor pada Modifikasi Dongkrak Ulir Mekanis Menjadi Dongkrak Ulir Elektrik*”. Jurnal Mechanical; Vol. 4 Nomor 2_ pp. 38–44.
- Wiryo Sumarto, H. & Okumura, T. 2008. *Teknologi Pengelasan Logam*, Cet. 10. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Zulhanif. 2002., Teses: *Pengaruh Implantasi Ion Chromium Terhadap Ketahanan Fatigue Baja Karbon Rendah*. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.