



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**MODIFIKASI ALAT PERAGA UJI *BENDING* PADA LABORATORIUM
PENGUJIAN**

TUGAS AKHIR

SAB'A AS'ARAF MAHAR DEKA

40040219650041

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

AGUSTUS 2023



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**MODIFIKASI ALAT PERAGA UJI *BENDING* PADA LABORATORIUM
PENGUJIAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salahsatu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan**

SAB'A AS'ARAF MAHAR DEKA

40040219650041

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

AGUSTUS 2023

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan
semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan benar**

Nama : Sab'a As'araf Mahar Deka

NIM : 40040219650041

Tanda Tangan :

Tanggal : 03 Agustus 2023

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Prof. Sudarto, 5 H.
Tembalang, Semarang Kode Pos 50275
Tel./Faks (024) 7471379
www.vok.asi.undp.ac.id
email: vokasi@live.undp.ac.id

TUGAS PROYEK AKHIR

No : 156/PA/RPM/II/2023

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut :

Nama : Sab'a As'araf Mahar Deka
NIM : 40040219650041
Judul Proyek Akhir : **Modifikasi Alat Peraga Uji Bending Pada Laboratorium Pengujian**
Dosen Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T.,M.T.,
NIP. : 197110301998021001

Isi Tugas :

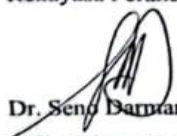
1. Memodifikasi alat peraga uji bending pada laboratorium pengujian dengan penambahan stand pada alat uji bending.
2. Menguji kinerja alat peraga uji bending pada laboratorium pengujian.
3. Menganalisa kinerja alat peraga uji bending.
4. Menguji dan menganalisa alat peraga uji bending dengan sample material bahan dari besi cor.
5. Membuat laporan akhir modifikasi alat peraga uji bending mekanik hidrolik.
6. Membuat prototype dan/atau paten sederhana dan/atau HAKI hak cipta dan/atau jurnal publikasi.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 22 Februari 2023

Ketua PSD IV

Rekayasa Perancangan Mekanik


Dr. Seno Darmanto, S.T.,M.T.,
NIP. 197110301998021001

Tembusan :

1. Sekertaris Prodi
2. Dosen Pembimbing Proyek Akhir

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Sab'a As'araf Mahar Deka
NIM : 40040219650041
Program Study : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul : MODIFIKASI ALAT PERAGA UJI *BENDING* PADA
LABORATORIUM PENGUJIAN

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. ()
Pemguji I : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. ()
Pemguji II : Bambang setyoko ST, M. Eng ()
Pemguji III : Alaya Fadlu H. M, ST, M. Eng ()

Mengetahui,
Ketua Program Studi DIV
Rekayasa Perancangan Mekanik

Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sab'a As'raf Mahar Deka
NIM : 40040219650041
Program Studi : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Non eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

MODIFIKASI ALAT PERAGA Uji *BENDING* PADA LABORATORIUM PENGUJIAN

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Semarang
Pada Tanggal : 03 Agustus 2023
Yang Menyatakan

Sab'a As'raf Mahar Deka

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Jadilah orang berilmu yang mengilmukan orang
lain, orang cerdas yang mencerdaskan orang
lain, orang sukses yang mengsucceskan orang
lain dan jadilah orang kaya yang mengkayakan
orang lain.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan berkat, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Proyek Akhir dengan judul “Modifikasi Alat Peraga Uji Bending Pada Laboratorium Pengujian”.

Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Dalam menyelesaikan laporan Proyek Akhir ini, penulis mendapatkan banyak sekali doa, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Atas berbagai bantuan dan dukungan tersebut, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro;
2. Sri Utami Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
4. Dr. Drs. Wiji Mangestiyono, M.T. selaku Dosen Wali selama menjadi mahasiswa Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik.
5. Seluruh Dosen dan Staf Pengajar Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah vokasi Universitas Diponegoro.
6. Keluarga dan terutama kedua orang tua dan wali yang mendukung.
7. Semua teman-teman Sarjana Rekayasa Perancangan Mekanik angkatan 2019.

8. Rekan seperjuangan Sandhi Krisdian Sardi dan Maghoz Hoky Wanang.

Penulis menyadari masih banyak yang dapat dikembangkan pada laporan Proyek Akhir ini. Oleh karena itu penulis menerima setiap masukan dan kritik yang diberikan. Semoga Laporan Proyek Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis sendiri dan semua pihak khususnya bagi mahasiswa Rekayasa Perancangan Mekanik.

Semarang, 03 Agustus 2023

Sab'a As'araf Mahar Deka

ABSTRAK

Uji lengkung merupakan salah satu jenis pengujian bahan yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan teknik. Di DIV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro memiliki alat uji *bending* dengan sistem hidrolik. Pada rancang terdahulu, alat uji *bending* ini menggunakan motor listrik dan kopel yang menghubungkan dengan gear pump sebagai penggerak hidrolik. Modifikasi alat uji *bending* ini dilakukan dengan penambahan meja *stand* agar dapat mempermudah mengoperasikan alat uji *bending* tersebut. Pengujian terhadap bahan uji baja karbon rendah dengan empat variasi dimensi yaitu 50 x 24 x 3 mm, 50 x 32 x 4 mm, 50 x 40 x 5 mm dan 50 x 48 x 6, metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah *three point bending*. Data tekanan, simpangan dan waktu penekanan diambil hingga spesimen/benda uji mendapatkan tekanan maksimal dari gaya tekan hidrolik.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dimensi benda uji mempengaruhi gaya tekan yang terjadi pada saat pengujian. Semakin kecil dimensi yang di uji maka semakin kecil pula gaya tekan yang di timbulkan. Pada saat melakukan bending test, nilai rata-rata flexural strength yang didapatkan dengan menggunakan metode *three point bending* sebesar 691,08 kgf/mm².

Kata kunci : *Bending, three point bending, flexural strength, dimensi*

ABSTRACT

Bending test is a type of material testing performed to determine the mechanical properties of an engineering material. In the Mechanical Design Engineering DIV, the Diponegoro University Vocational School has a bending test tool with a hydraulic system. In the previous design, this bending test tool used an electric motor and a coupling that connected it to a gear pump as a hydraulic drive. Modification of this bending test tool is done by adding a stand table in order to make it easier to operate the bending test tool. Tests on low carbon steel test materials with four variations of dimensions, namely 50 x 24 x 3 mm, 50 x 32 x 4 mm, 50 x 40 x 5 mm and 50 x 48 x 6, the method used in this test is three point bending. Data on pressure, displacement and pressing time are taken until the specimen/test object gets the maximum pressure from the hydraulic compression force.

The test results show that the dimensions of the test object affect the compressive force that occurs during the test. The smaller the dimensions tested, the smaller the compressive force generated. During the bending test, the average value of the flexural strength obtained using the three point bending method was 691,08 kgf/mm².

Keywords: Bending, three point bending, flexural strength, dimensions

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
SURAT TUGAS PROYEK AKHIR	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan Akademis.....	4
1.4.2 Tujuan Teknis.....	4

1.5 Luaran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian dan Prinsip Dasar Alat Uji Bending	5
2.1.1 Definisi Alat Uji Bending	5
2.1.2 Komponen Sistem Hidrolik	10
2.2 Pengertian Head Pompa	13
2.2.1 Kecepatan Aliran Rata-rata Sisa Hisap dan Tekan	13
2.2.2 Head Tekan	14
2.2.3 Kerugian Head	14
BAB III METODE DAN PROSEDUR PELAKSANAAN PROYEK AKHIR	19
3.1 Diagram Alur Modifikasi Alat Uji Bending	19
3.2 Persiapan Penelitian	20
3.2.1 Persiapan Bahan	20
3.2.2 Alat yang digunakan	20
3.3 Desain Proses Modifikasi Alat Uji Bending	23
3.3.1 Desain Stand Meja	23
3.3.2 Desain Rangka	24
3.3.3 Desain Point Bending Atas	24
3.3.4 Desain Point Bending Bawah	25
3.3.5 Tuas Penggerak	25
3.3.6 Tangki Oil	26
3.3.7 Silinder Hidrolik	26

3.3.8 Motor Listrik	27
3.3.9 Pompa Hidrolik	27
3.3.10 Kopel	28
3.3.11 Selang Hidrolik.....	28
3.4 Material Bahan Modifikasi Alat Uji Bending	29
3.4.1 Besi UNP	29
3.4.2 Plat Besi.....	30
3.4.3 Besi Siku.....	30
3.5 Proses Fabrikasi Modifikasi Alat Uji Bending.....	31
3.5.1 Proses Pemotongan Bahan Mentah	31
3.5.2 Fabrikasi Stand Meja.....	32
3.5.3 Proses Pengecatan	33
3.5.4 Proses Assembling Modifikasi Alat Uji Bending	33
3.6 Sistem Hidrolik Pada Alat Uji Bending	34
3.7 Metodologi Pengolahan Data	35
3.7.1 Menghitung Daya yang dibutuhkan dan Daya Pompa	35
3.8 Prosedur Pengujian	44
3.9 Data yang diperlukan.....	45
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1 Analisa Hasil Modifikasi Alat Uji Bending	46
4.2 Pengujian <i>Three Point Bending</i>	51
4.3 Data Hasil Pengujian <i>Three Point Bending</i>	52

4.3.1 Perhitungan Hasil Pengujian <i>Three Point Bending</i>	53
4.4 Analisa Hasil Pengujian dan Perhitungan	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Three point bending</i>	8
Gambar 2.1 <i>Four point bending</i>	9
Gambar 3.1 Diagram alir	19
Gambar 3.2 Manometer	20
Gambar 3.3 Dial indikator	21
Gambar 3.4 <i>Stopwatch</i>	21
Gambar 3.5 Gerinda	22
Gambar 3.6 Jangka sorong	22
Gambar 3.7 Desain meja stand	23
Gambar 3.8 Rangka	24
Gambar 3.9 Point bending atas	24
Gambar 3.10 Point bending bawah.....	25
Gambar 3.11 Tuas penggerak	25
Gambar 3.12 Tangki oil.....	26
Gambar 3.13 Silinder hidrolik	26
Gambar 3.14 Motor listrik	27
Gambar 3.15 Pompa hidrolik	27
Gambar 3.16 Kopel	28
Gambar 3.17 Selang hidrolik.....	28
Gambar 3.18 Besi UNP	29
Gambar 3.19 Plat besi.....	30

Gambar 3.20 Besi siku	30
Gambar 3.21 Pemotongan bahan mentah	31
Gambar 3.22 Hasil pengerjaan stand meja	32
Gambar 3.23 Proses pengecatan	33
Gambar 3.24 Hasil assemblyng alat uji bending	34
Gambar 3.25 Grafik kerugian katup	43
Gambar 4.1 Alat uji bending sebelum modifikasi	46
Gambar 4.2 Alat uji bending setelah modifikasi	47
Gambar 4.3 Posisi benda uji besi baja karbon rendah pada alat uji bending	51
Gambar 4.4 (a) Bentuk benda besi baja karbon rendah saat melengkung, (b) Bentuk lengkungan benda uji besi baja karbon rendah setelah three point bending test.....	56
Gambar 4.5 Grafik data hasil perhitungan <i>three point bending</i> pada benda uji.....	57
Gambar 4.6 Grafik rata-rata flexurel strength semua benda uji	58

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Penggunaan Pertama Halaman
P	Tekanan	6
F	Gaya atau beban	6
A	Luas penampang	6
Q	Laju aliran	6
σ_f	Tegangan lengkung	9
b	Lebar benda uji	9
d	Ketebalan benda uji	9
L	Jarak point	9
v	Kecepatan aliran rata-rata	13
h_p	Head tekan	13
p_d	Tekanan sisi tekan	13
p_s	Tekanan sisi hisap	13
γ	Berat cairan persatuan volume	13
Re	Bilangan renold	14
ν_k	Visikotas fluida	14
v	Kecepatan aliran dalam pipa	14
D	Diameter pipa	14
λ	Koefisien kerugian	14
L	Panjang pipa	14
h_f	Kerugian head	15
g	Gravitasi	15
f	Koefisien kerugian ujung keluar pipa	15

R	Jari - jari lengkung belokan (m)	16
θ	sudut belokan	16
g	Gravitasi	17

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Metode Uji <i>Three Point Bending</i> dan <i>Four Point Bending</i>	7
Tabel 4.1 Data hasil pengujian three point bending pada besi baja karbon rendah	52
Tabel 4.2 Data hasil perhitungan three point bending semua benda uji	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar teknik <i>assembly</i> alat uji bending	62
Lampiran 2 Gambar teknik meja stand.....	63
Lampiran 3 Gambar teknik motor listrik.....	64
Lampiran 4 Gambar teknik point bending atas	65
Lampiran 5 Gambar teknik kopel.....	66
Lampiran 6 Gambar teknik pompa hidrolik	67
Lampiran 7 Gambar teknik point bending bawah	68
Lampiran 8 Gambar teknik rangka uji bending.....	69
Lampiran 9 Gambar teknik manometer.....	70
Lampiran 10 Gambar teknik dial indikator	71
Lampiran 11 Gambar teknik tuas penggerak.....	72
Lampiran 12 Gambar teknik tangki oil.....	73
Lampiran 13 Gambar teknik selang hidrolik.....	74
Lampiran 14 Gambar teknik silinder hidrolik	75
Lampiran 15 Gambar teknik dudukan point bending atas.....	76
Lampiran 16 Fabrikasi meja stand	77
Lampiran 17 Fabrikasi rangka alat uji bending.....	77
Lampiran 18 Proses pengecatan	78
Lampiran 19 Pengukuran simpangan pada benda uji.....	78
Lampiran 20 Pengukuran waktu pada saat melakukan pengujian pada spesimen	79
Lampiran 21 Pengukuran tekanan oil hidrolik saat bekerja	79

Lampiran 22 Jadwal realisasi kegiatan.....	80
Lampiran 23 Realisasi anggaran modifikasi alat uji bending.....	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia permesinan ataupun di bidang teknik mesin, pasti kita melakukan praktek kerja, melakukan penelitian, mengetahui kekuatan bahan dan sebagainya yang di mana hal tersebut ada hubungannya dengan teknik mesin. Ada beberapa alat yang diciptakan sebagai alat untuk pengujian salah satunya yaitu alat uji *bending*.

Uji *bending* adalah pengujian tekuk yang dilakukan dengan menekuk atau menekan suatu bahan uji sampai mencapai titik batas kegetasannya. Pengujian bending sangat penting dilakukan karena tanpa adanya pengujian ini akan melanggar peraturan- peraturan akan penggunaan suatu bahan. Pengujian bending merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan yang diletakkan terhadap spesimen dan bahan, baik bahan yang digunakan pada kontraksi atau komponen yang menerima pembebanan terhadap suatu bahan pada satu titik tengah dari bahan yang ditahan diatas dua tumpuan. Selain itu alat uji bending sering digunakan untuk pengujian bahan-bahan produksi seperti baja, besi cor dan lainnya, selain itu alat ini juga digunakan untuk menguji kekuatan sambungan las, dimana dapat dilihat besarnya kekuatan lengkung dari sambungan las tersebut.

Untuk pengujian suatu produk hasil industri biasanya membutuhkan biaya yang mahal, sehingga tidak semua perusahaan industri menguji produknya. Produk yang ada di pasaran tidak semuanya telah lulus uji bahkan mungkin tidak di uji. Sehingga terkadang jika kita membeli suatu produk, sebagai contoh: logam plat, kita tidak tahu kekuatan dari logam plat tersebut. Jika logam plat yang kita beli akan digunakan untuk membuat suatu benda

ataupun alat yang membutuhkan perhitungan kekuatan tertentu maka tanpa kita mengetahui kekuatan dari logam tersebut kita akan membuat suatu alat atau benda yang sia-sia karena mungkin saja alat yang kita buat akan mudah rusak bahkan mungkin saja tidak jadi.

Berdasarkan observasi alat uji bending yang telah tersedia di Laboratorium Pengujian Alat, Program Studi D4 Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro terdapat satu alat uji bending. Alat uji *bending* tersebut menggunakan sistem hidrolik, namun alat uji *bending* tersebut tidak dapat beroperasi dikarenakan adanya komponen-komponen yang rusak.

Dalam rangka menangani masalah tersebut, penulis berpikir dan terinspirasi untuk memodifikasi dan memperbaiki alat uji *bending* yang bersifat sederhana dan mudah untuk dioperasikannya. Diharapkan keberadaan alat ini dapat bermanfaat baik bagi mahasiswa yang melaksanakan tugas akhir, adik-adik kelas maupun untuk menunjang proses kegiatan belajar mengajar jurusan Program Studi D4 Rekayasa Perancangan Mekanik. Proses perencanaan alat ini akan penulis rincikan dan tuangkan dalam sebuah laporan tugas akhir dengan judul "MODIFIKASI ALAT PERAGA UJI *BENDING* PADA LABORATORIUM PENGUJIAN".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan. Tugas akhir ini mempunyai rumusan masalah yang harus diselesaikan, yaitu:

1. Bagaimana mendesain alat uji bending pada laboratorium dengan penyesuaian alat yang sudah ada?

2. Berapakah tegangan flexure yang diperlukan untuk melakukan uji bending pada material uji ?
3. Bagaimana proses memodifikasi alat uji pada laboratorium ini?
4. Bagaimanakah mekanisme kerja alat uji bending ini setelah mengalami modifikasi?
5. Peralatan apa sajakah yang dibutuhkan untuk memodifikasi alat uji *bending* pada laboratorium ini?
6. Bagaimana prosedur pengujian bending?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang akan dibahas, penyusun membatasi masalah pada ruang lingkup dalam Tugas Akhir ini. Adapun ruang lingkup yang akan dibahas antara lain:

1. Pembuatan meja stand untuk alat peraga uji bending sistem hidrolik.
2. Benda uji yang di uji adalah benda uji yang sifat materialnya lentur (ulet), dan benda yang di uji adalah besi baja karbon rendah.
3. Dalam penyusunan laporan ini lebih ditekankan pada:
 - Modifikasi alat peraga uji *bending* mekanik hidrolik
 - Analisa mekanisme kerja alat uji *bending*
 - Hasil pengujian alat uji *bending*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari MODIFIKASI ALAT PERAGA UJI *BENDING* PADA LABORATORIUM PENGUJIAN ini meliputi tujuan akademis dan tujuan teknis.

1.4.1 Tujuan Akademis

1. Melengkapi syarat kelulusan mahasiswa menempuh Program Studi DIV Rekayasa Perancangan Mekanik Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Menerapkan ilmu yang didapat dari bangku perkuliahan secara terpadu dan terperinci, sehingga berguna bagi perkembangan industri di Indonesia.
3. Melatih dan mengembangkan kreatifitas dalam berfikir serta mengemukakan gagasan secara ilmiah dan praktis sesuai dengan spesialisasinya secara teknis dan sistematis.

1.4.2 Tujuan Teknis

1. Memodifikasi alat peraga uji bending pada laboratorium pengujian dengan penambahan meja stand pada alat uji bending.
2. Menguji kinerja alat peraga uji bending pada laboratorium pengujian.
3. Menganalisa kinerja alat peraga uji bending.
4. Menguji dan menganalisa alat peraga uji bending dengan sample material bahan dari besi baja karbon rendah.

1.5 Luaran

1. Proyek akhir ini dapat dijadikan sebagai media pembelajaran dan mendukung kemajuan penelitian di Program Studi DIV Rekayasa Perancangan Mekanik.
2. Proyek akhir akan menghasilkan sebuah Prototype Alat Peraga Uji Bending.
3. Menghasilkan HAKI atau Jurnal Nasional Bereputasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian dan Prinsip Dasar Alat Uji Bending

2.1.1 Definisi Alat Uji Bending

Alat uji bending adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan lengkung (*bending*) pada suatu bahan atau material. Pada umumnya alat uji bending memiliki beberapa bagian utama, seperti: rangka, alat tekan, point bending dan alat ukur. Rangka berfungsi sebagai penahan gaya balik yang terjadi pada saat melakukan uji bending. Rangka harus memiliki kekuatan lebih besar dari kekuatan alat tekan, agar tidak terjadi kerusakan pada rangka pada saat melakukan pengujian. Alat tekan berfungsi sebagai alat yang memberikan gaya tekan pada benda uji pada saat melakukan pengujian. Alat penekan harus memiliki kekuatan lebih besar dari benda yang di uji (ditekan). Point bending berfungsi sebagai tumpuan benda uji dan juga sebagai penerus gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Panjang pendek tumpuan point bending berpengaruh terhadap hasil pengujian. Alat ukur adalah suatu alat yang menunjukkan besarnya kekuatan tekan yang terjadi pada benda uji.

Uji bending adalah suatu proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (*bending*) suatu material yang di uji. Proses pengujian bending memiliki 2 macam pengujian, yaitu 3 point bending dan 4 point bending.

Untuk melakukan uji *bending* ada faktor dan aspek yang harus dipertimbangkan dan dimengerti yaitu:

a. Tekanan

Tekanan adalah perbandingan antara gaya yang terjadi dengan luasan benda yang dikenai gaya. Besarnya tekanan yang terjadi dipengaruhi oleh dimensi benda yang di uji. Dimensi mempengaruhi tekanan yang terjadi karena semakin besar dimensi benda uji yang digunakan maka semakin besar pula gaya yang terjadi. Selain itu alat penekan juga mempengaruhi besarnya tekanan yang terjadi. Alat penekan yang digunakan menggunakan system hidrolik. Hal lain yang mempengaruhi besar tekanan adalah luas penampang dari torak yang digunakan. Maka daya pompa harus lebih besar dari daya yang dibutuhkan. Dan motor harus bisa melebihi daya pompa, perhitungan tekanan (Sularso & Tahara, 1983) :

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

P = Tekanan (Kgf/cm²)

F = Gaya atau beban (kgf)

A = Luas penampang (m²)

$$P = \frac{p \times Q}{600} \dots\dots\dots(2.2)$$

P = Daya (kw)

p = Tekanan (bar)

Q = Laju aliran (l/min)

b. Benda uji

Benda uji adalah suatu benda yang di uji kekuatan lengkungnya dengan menggunakan alat uji *bending*. Jenis material benda uji yang digunakan sebagai benda uji sangatlah berpengaruh dalam pengujian bending. Karena tiap jenis

material memiliki kekuatan lengkung yang berbeda-beda, yang nantinya berpengaruh terhadap hasil uji bending itu sendiri.

c. Point bending

Point bending adalah suatu sistem atau cara dalam melakukan pengujian lengkung (*bending*). Point bending ini memiliki 2 tipe, yaitu: three point bending dan four point bending.

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Metode Uji *Three Point Bending* dan

Four Point Bending (Abdul Khamid, Bambang Setyoko 2011)

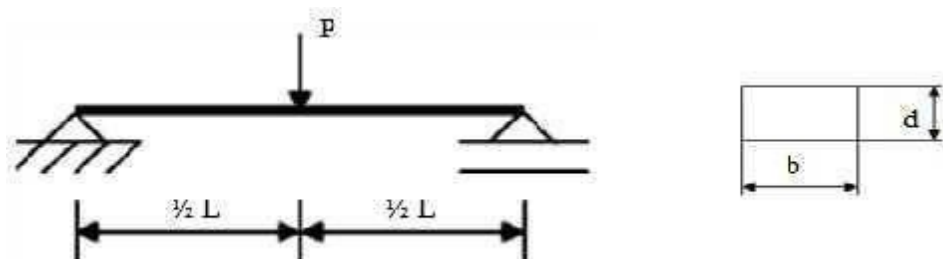
<i>Three Point Bending</i>	<i>Four Point Bending</i>
Kelebihan	
<ul style="list-style-type: none"> - Kemudahan persiapan spesimen dan pengujian - Pembuatan point lebih mudah 	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan rumus perhitungan lebih mudah - Lebih akurat hasil pengujiannya
Kekurangan	
<ul style="list-style-type: none"> - Kesulitan menentukan titik tengah persis, karena jika posisi tidak di tengah persis penggunaan rumus berubah - Kemungkinan terjadi pergeseran, sehingga benda yang diuji pecah/patah tidak tepat di tengah maka rumus yang digunakan kombinasi tegangan lengkung dengan tegangan geser 	<ul style="list-style-type: none"> - Pembuatan point lebih rumit - 2 point atas harus bersamaan menekan benda uji. Jika salah satu point lebih dulu menekan benda uji maka terjadi <i>three point bending</i>, sehingga rumus yang digunakan berbeda.

Perbedaan dari kedua cara pengujian ini hanya terletak dari bentuk dan jumlah point yang digunakan, three point bending menggunakan 2 point pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 1 point pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan sedangkan four point bending menggunakan 2 point pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 2 point (penekan) pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan. Selain itu juga terdapat beberapa kelebihan dan kelemahan dari cara pengujian three point dan four point.

Perbedaan dari kedua cara pengujian ini hanya terletak dari bentuk dan jumlah point yang digunakan, three point bending menggunakan 2 point pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 1 point pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan sedangkan four point bending menggunakan 2 point pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 2 point (penekan) pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan. Selain itu juga terdapat beberapa kelebihan dan kelemahan dari cara pengujian three point dan four point.

- Three Point Bending

Three point bending adalah cara pengujian yang menggunakan 2 tumpuan dan 1 penekan.



Gambar 2.1 *Three point bending* (Abdul Khamid, Bambang Setyoko 2011)

Perhitungan yang digunakan (West Conshohocken,1996):

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 bd^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan rumus :

σ_f = Tegangan lengkung (kgf/mm²)

P = Beban atau gaya yang terjadi (kgf)

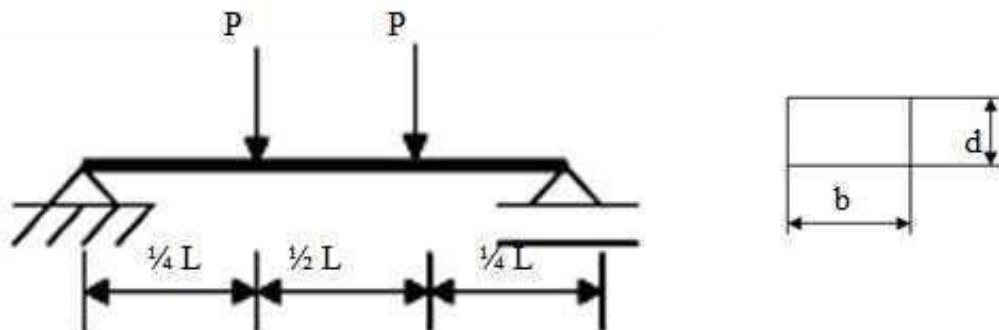
L = Jarak point (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = Ketebalan benda uji (mm)

- Four Point Bending

Four point bending adalah cara pengujian yang menggunakan 2 tumpuan dan 2 penekan.



Gambar 2.2 *Four point bending* (Abdul Khamid, Bambang Setyoko 2011)

Perhitungan yang digunakan (West Conshohocken,1996):

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 bd^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan rumus :

σ_f = Tegangan lengkung (kgf/mm²)

P = Beban atau gaya yang terjadi (kgf)

L = Jarak point (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = Ketebalan benda uji (mm)

d. Rangka

Rangka berfungsi sebagai penahan kekuatan balik dari gaya tekan yang dihasilkan oleh alat penekan pada saat proses pengujian. Selain itu rangka juga berfungsi sebagaiudukan komponen-komponen lain, sehingga ukuran dari rangka haruslah lebih besar dari komponen-komponen tersebut.

e. Alat ukur

Alat ukur berfungsi sebagai pembaca data hasil pengukuran pada saat pengujian berlangsung. Angka-angka yang ditunjukkan oleh alat ukur nantinya diolah lagi dalam perhitungan untuk mendapatkan data yang diinginkan. Pada umumnya alat ukur yang digunakan adalah alat pengukur tekanan.

2.1.2 Komponen Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik adalah suatu sistem yang memanfaatkan tekanan fluida sebagai power (sumber tenaga) pada sebuah mekanisme. Karena itu, pada sistem hidrolik dibutuhkan power unit untuk membuat fluida bertekanan. Kemudian fluida tersebut dialirkan sesuai dengan kebutuhan atau mekanisme yang diinginkan.

Dalam sistem hidrolik ada komponen dasar yang harus diperhatikan dan dipahami yaitu :

a. Pompa hidrolik

Pompa hidrolik digunakan untuk memompa fluida hidrolik, pompa ini memberikan daya pada fluida yang digunakan untuk melakukan kerja, daya pompa harus lebih besar dari daya yang dibutuhkan.

b. Motor listrik

Fungsi motor listrik ini adalah sebagai penggerak pompa, motor berputar gerak putar motor diteruskan oleh kopel yang memutar pompa, daya motor dan kecepatan putaran motor berpengaruh pada daya dan putaran yang dihasilkan oleh pompa, dan juga mempengaruhi daya hidrolik yang dihasilkan.

c. Valve control

Valve kontrol pada sebuah sistem hidrolik, selain berfungsi untuk mengatur besar tekanan yang digunakan, juga berfungsi untuk mengatur arah aliran dari fluida hidrolik. Arah aliran yang dimaksud adalah berhubungan dengan sistem aktuator. Arah gerakan yang diinginkan pada aktuator dikontrol oleh arah aliran dari fluida hidrolik, arah aliran inilah yang diatur oleh valve kontrol. Valve kontrol yang berfungsi untuk mengatur arah aliran biasa disebut dengan selenoid valve, sedangkan yang untuk mengatur besar tekanan biasa disebut pressure regulating valve.

d. Silinder hidrolik

Silinder hidrolik merupakan komponen penggerak atau mekanik aktuator yang memiliki peranan penting sebagai pengubah tenaga fluida untuk di ubah menjadi tenaga mekanik atau gerak. Silinder hidrolik bekerja dengan cara memanfaatkan fluida (biasanya oli) yang dipaksa masuk ke dalam silinder,

sehingga mendorong piston bergerak maju-mundur di dalam tabung silinder. Gerakan piston ini kemudian digunakan untuk melakukan pekerjaan, seperti mengangkat beban, menekan benda, atau membuka dan menutup pintu atau katup.

e. Kopling penghubung

Kopling penghubung berfungsi sebagai sambungan antara motor listrik dan pompa, yang meneruskan daya dari motor listrik ke pompa hidrolik. Kopling yang menggunakan gaya sentrifugal untuk menghubungkan dua poros segaris, dengan poros pemutar ditempatkan di dalam poros yang diputar. Kopling penghubung digunakan untuk menghubungkan poros dalam mekanisme yang berbeda, terutama melalui rotasi, untuk mentransfer kekuatan berputar dari motor listrik ke bagian mekanik dari pompa hidrolik, sehingga mencapai torsi transmisi. Kopling penghubung digunakan pada berbagai jenis mesin dan peralatan, seperti mesin-mesin industri, kendaraan, mesin-mesin pertanian, dan lain sebagainya.

f. Tangki hidrolik

Tangki hidrolik adalah bagian dari unit sistem hidrolik yang mempunyai bentuk segiempat atau silinder. Tangki hidrolik berfungsi untuk menyimpan sejumlah oli. Pada saat sistem hidrolik tidak beroperasi, oli dalam tanki levelnya lebih tinggi dibandingkan pada saat beroperasi.

g. Selang hidrolik

Selang hidrolik adalah salah satu komponen penting pada sistem hidrolik yang berfungsi sebagai media pengalir fluida hidrolik antara satu komponen dengan komponen lainnya pada sistem hidrolik. Fungsi utama selang hidrolik

adalah untuk menghubungkan sumber tekanan hidrolik (pompa) dengan peralatan yang membutuhkan daya hidrolik seperti silinder hidrolik, katup hidrolik, motor hidrolik, dan sebagainya. Selain itu, selang hidrolik juga berfungsi untuk menyalurkan fluida hidrolik yang bertekanan tinggi dan memiliki suhu yang tinggi dari satu komponen ke komponen lainnya pada sistem hidrolik dengan aman dan efisien. Selang hidrolik harus dirancang dengan material dan ukuran yang tepat agar dapat menahan tekanan dan suhu yang tinggi serta tahan terhadap aus, robek, atau bocor. Oleh karena itu, pemilihan dan perawatan selang hidrolik yang baik sangat penting untuk menjaga kinerja dan keselamatan pada sistem hidrolik.

2.2 Pengertian Head Pompa

Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang.

2.2.1 Kecepatan Aliran Rata-rata Sisa Hisap dan Tekan

Kecepatan aliran dipengaruhi oleh kapasitas pompa dan luas penampang, dimana dapat dilihat dalam rumus (Sularso & Tahara, 1983) :

$$v = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2.5)$$

v = Kecepatan aliran rata-rata (m)

Q = Kapasitas pompa (m^3/s)

A = Luas penampang pipa (m^2)

2.2.2 Head Tekan

Head tekanan adalah perbedaan head tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi tekan dengan head tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi isap. Head tekan dinyatakan dalam rumus (Sularso & Tahara, 1983) :

$$h_p = \frac{p}{\gamma} = \frac{p_d}{\gamma} = \frac{p_s}{\gamma} \dots\dots\dots(2.6)$$

h_p = Head tekan (m)

p_d = Tekanan sisi tekan (kgf/m²)

p_s = Tekanan sisi hisap (kgf/m²)

γ = Berat cairan persatuan volume (kgf/m³)

2.2.3 Kerugian Head

Kerugian aliran terjadi karena adanya faktor gesekan saat fluida mengalir dengan permukaan pipa, katup, belokan pipa dan lainnya, dimana mempengaruhi head yang terjadi atau head sebenarnya, maka rumus yang digunakan antara lain :

a. Kerugian gesekan pipa

- Kecepatan aliran dalam pipa (Sularso & Tahara, 1983) :

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.7)$$

v = kecepatan aliran dalam pipa (m)

Q = kapasitas pompa (m³/s)

A = luas penampang dalam pipa (m²)

- Bilangan renold (Re) (Sularso & Tahara, 1983) :

$$Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots(2.8)$$

Re = Bilangan renold

ν = Visikotas fluida (m/s)

v = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

D = Diameter pipa (m)

- Koefisien kerugian (λ) (Sularso & Tahara, 1983) :

$$\lambda = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots(2.9)$$

λ = Koefisien kerugian

Re = Bilangan renold

- Kerugian aliran akibat gesekan dalam pipa (Sularso & Tahara, 1983) :

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.10)$$

h_f = Kerugian head (m)

λ = Koefisien kerugian

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

- b. Kerugian ujung masuk pipa (Sularso & Tahara, 1983) :

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.11)$$

h_f = Kerugian head (m)

f = Koefisien kerugian ujung masuk pipa

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

c. Kerugian pengecilan pipa (Sularso & Tahara, 1983) :

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.12)$$

h_f = Kerugian head (m)

f = Koefisien kerugian pengecilan pipa

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

d. Kerugian ujung keluar pipa (Sularso & Tahara, 1983) :

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.13)$$

h_f = Kerugian head (m)

f = Koefisien kerugian ujung keluar pipa

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

e. Kerugian percabangan pipa (Sularso & Tahara, 1983) :

$$h_{f1-3} = f_1 \frac{v_1^2}{2g} \dots\dots\dots(2.14)$$

h_{f1-3} = Kerugian head (m)

f_1 = Koefisien kerugian percabangan pipa

v_1 = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

$$h_{f1-2} = f_2 \frac{v_2^2}{2g} \dots\dots\dots(2.15)$$

h_{f1-2} = Kerugian head (m)

f_1 = Koefisien kerugian percabangan pipa

v_1 = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

f. Kerugian belokan pipa (Sularso & Tahara, 1983) :

- Koefisien kerugian

$$f = 0,131 + 1,847 \frac{D^{3,5}}{2R} \frac{\theta^{0,5}}{90} \dots\dots\dots(2.16)$$

f = Koefisien kerugian

D = Diameter pipa (m)

R = Jari - jari lengkung belokan (m)

θ = Sudut belokan (m)

- Kerugian akibat belokan

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.17)$$

h_f = Kerugian head (m)

f = Koefisien kerugian

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

g. Kerugian akibat katup (Sularso & Tahara, 1983) :

$$h_f = f_v \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.18)$$

h_f = Kerugian head (m)

f_v = Koefisien kerugian katup

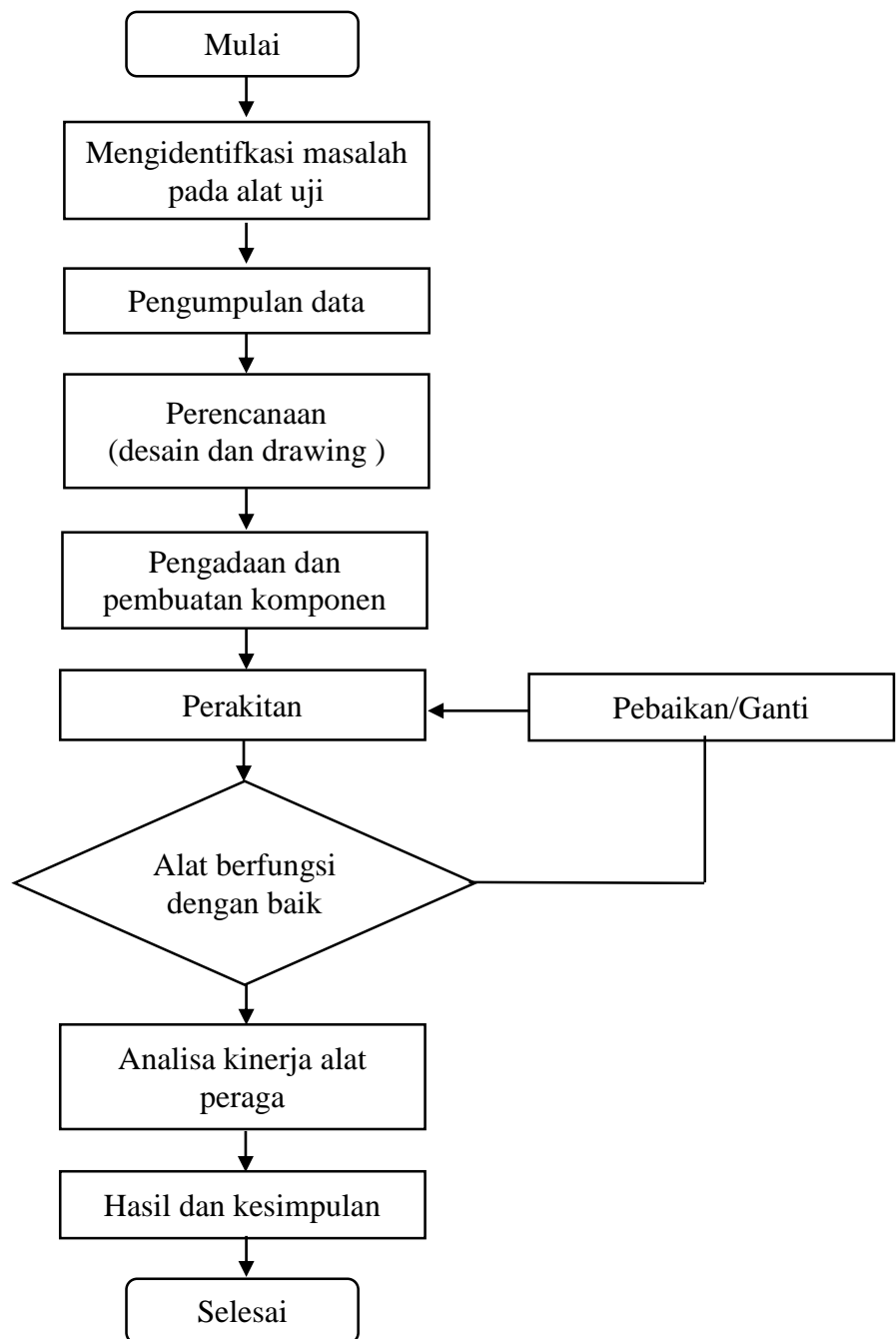
v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

BAB III

METODE DAN PROSEDUR PELAKSANAAN PROYEK AKHIR

3.1 Diagram Alur Modifikasi Alat Uji Bending



Gambar 3.1 Diagram alir modifikasi

3.2 Persiapan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, alat dan bahan pada proses uji bending harus dipersiapkan terlebih dahulu agar dapat mempermudah pada proses jalannya penelitian sehingga dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan rencana.

3.2.1 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah besi Baja Karbon Rendah yang akan melalui proses penekukan menggunakan mesin uji bending tiga titik atau three point bending.

3.2.2 Alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada proses modifikasi alat uji bending ini sebagai berikut:

1. Manometer

Manometer digunakan untuk mengukur tekanan yang terjadi pada saat mesin mulai melakukan penekanan pada spesimen uji. Alat ini diletakan pada atas rangka yang tersambung pada selang hidrolik dari valve control.



Gambar 3.2 Manometer

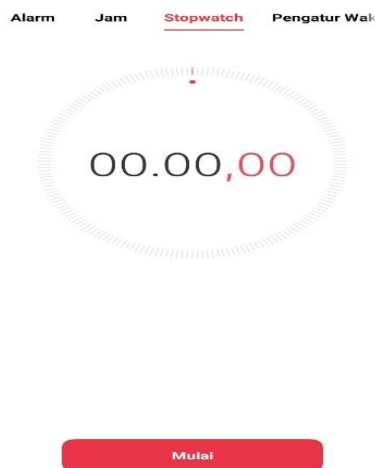
2. Dial indikator

Dial indikator digunakan untuk mengukur berbagai penyimpangan-penyimpangan kecil pada suatu bidang datar, bulat, atau melengkung. Alat ini berada pada stand rangka pada titik point bending atas.



Gambar 3.3 Dial indikator

3. Stopwatch



Gambar 3.4 Stopwatch

Stopwatch berfungsi untuk mengukur berapa waktu yang dibutuhkan pada saat alat uji bending melakukan penekanan pada benda uji.

4. Gerinda



Gambar 3.5 Gerinda

Mesin gerinda adalah salah satu mesin yang digunakan untuk mengasah atau memotong benda kerja. Prinsip kerja dari mesin gerinda adalah batu gerinda yang berputar kemudian bergesekan dengan benda kerja sehingga terjadi pemotongan. Gerinda digunakan untuk memotong benda kerja yang akan digunakan pada penelitian ini, benda kerja yang dipotong adalah baja karbon rendah.

5. Jangka sorong



Gambar 3.6 Jangka sorong

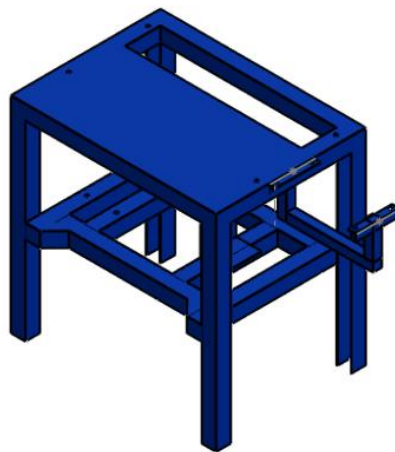
Jangka sorong adalah salah satu alat ukur yang dapat digunakan untuk mengetahui panjang, diameter luar, dan diameter dalam sebuah bentuk benda tertentu. Jangka sorong disini berfungsi untuk mengukur panjang, lebar dan tebal benda uji.

3.3 Desain Proses Modifikasi Alat Uji Bending

Pada proses modifikasi alat uji bending ini terdapat beberapa komponen-komponen yang memiliki fungsi masing-masing, diantaranya stand meja, rangka mesin, titik point bending atas, titik point bending bawah, tuas penggerak dan beberapa komponen lainnya.

3.3.1 Desain Stand Meja

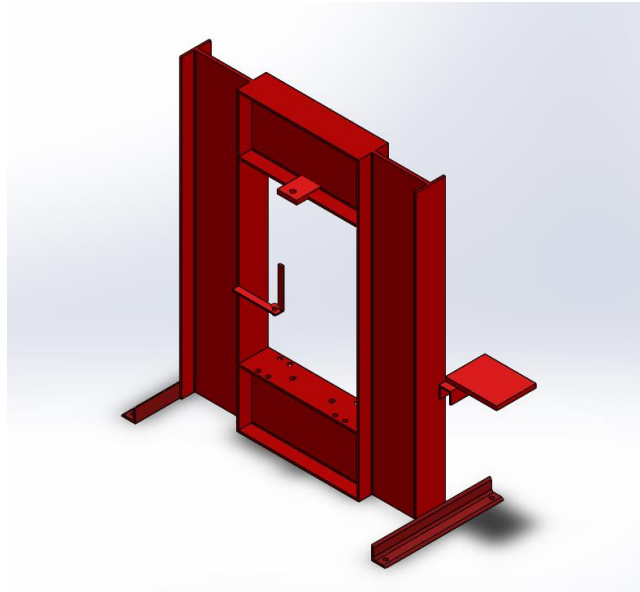
Meja ini berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan komponen-komponen lainnya pada mesin uji bending. meja ini memiliki desain bagian atas digunakan untuk rangka dan tangki hidrolik serta bagian bawahnya terdapat motor listrik dan pompa hidrolik. Meja ini terbuat dari besi u dan plat besi.



Gambar 3.7 Desain stan meja

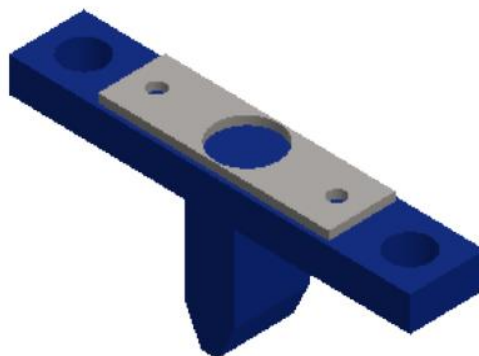
3.3.2 Desain Rangka

Struktur rangka mesin uji bending ini dapat digambarkan seperti gambar yang ada dibawah ini. Bahan yang digunakan untuk proses pembuatannya adalah besi H beam.



Gambar 3.8 Rangka

3.3.3 Desain Point Bending Atas

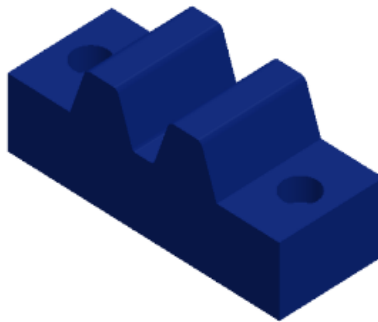


Gambar 3.9 Point bending atas

Point bending atas berfungsi untuk melakukan penekanan pada benda uji dan juga sebagai penerus gaya tekan yang di keluarkan oleh alat tekan. Desainya bisa dilihat pada gambar diatas.

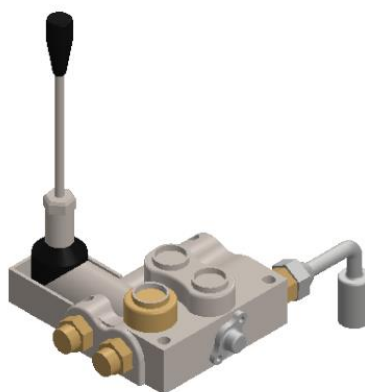
3.3.4 Desain Point Bending Bawah

Point bending bawah digunakan sebagai penyangga atau tumpuan benda uji. Strukturnya dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.10 Point bending bawah

3.3.5 Tuas Penggerak



Gambar 3.11 Tuas penggerak

Tuas penggerak (valve control) berfungsi sebagai pengontrol laju aliran fluida pada mesin uji bending.

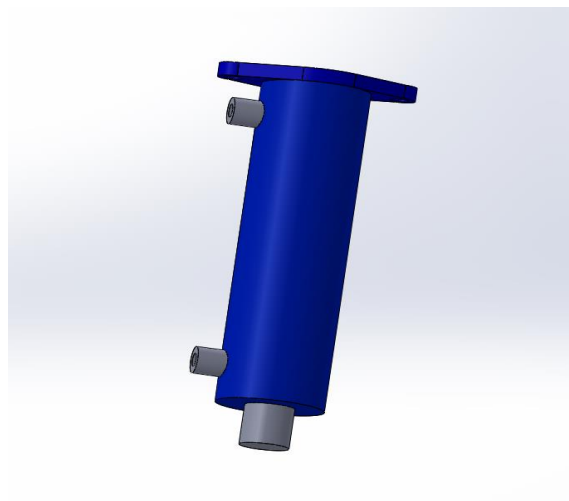
3.3.6 Tangki Oil

Tangki hidrolik berfungsi sebagai penampung oli hidrolik yang terdapat pada alat uji bending.



Gambar 3.12 Tangki oil

3.3.7 Silinder Hidrolik

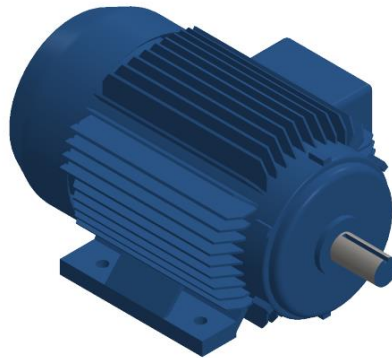


Gambar 3.13 Silinder hidrolik

Silinder hidrolik berfungsi mengubah tenaga zat cair menjadi tenaga mekanik. Pada alat uji bending ini digunakan untuk menghasilkan gaya tekan searah yang akan menekan benda uji.

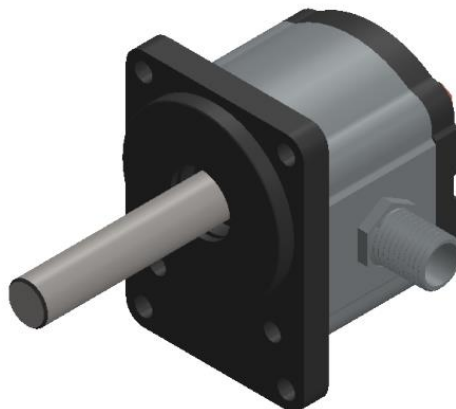
3.3.8 Motor Listrik

Motor listrik adalah alat yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik digunakan untuk menggerakan pompa yang akan mengalirkan oli menuju silinder hidrolik.



Gambar 3.14 Motor listrik

3.3.9 Pompa Hidrolik



Gambar 3.15 Pompa hidrolik

Pompa hidrolik adalah komponen yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang diteruskan dari motor listrik menjadi energi hidrolik, sehingga menghasilkan daya yang cukup untuk mengatasi tekanan yang disebabkan oleh beban pada *outlet* pompa.

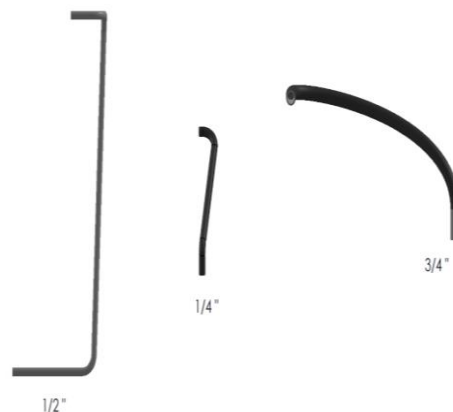
3.3.10 Kopel

Kopel adalah salah satu komponen penghubung yang meneruskan gerak putar dari motor listrik menuju pompa hidrolik.



Gambar 3.16 Kopel

3.3.11 Selang Hidrolik



Gambar 3.17 Selang hidrolik

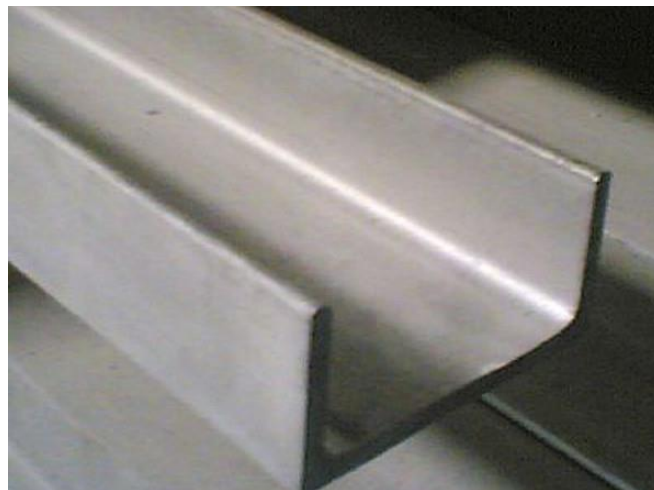
Selang hidrolik adalah komponen yang berfungsi sebagai alat pengantar oil hidrolik dari tangki menuju silinder hidrolik.

3.4 Material Bahan Modifikasi Alat Uji Bending

Persiapan material merupakan tahapan menyiapkan atau menyediakan sejumlah material yang diperlukan sebelum masuk tahap proses fabrikasi alat uji bending. Dalam proses ini terdapat beberapa material yang diperlukan seperti, besi UNP, plat besi, dan bahan lainnya.

3.4.1 Besi UNP

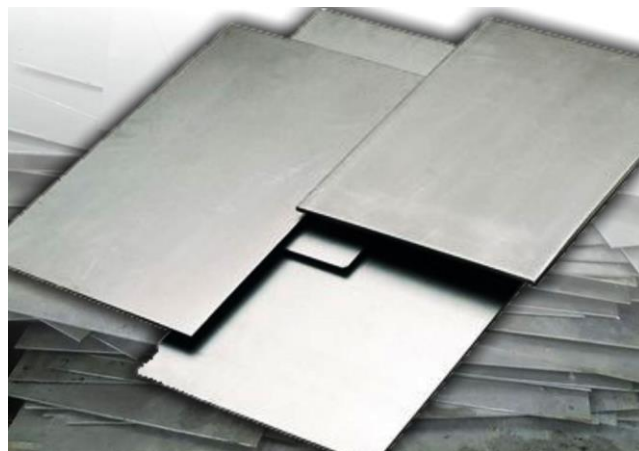
Persiapan material merupakan tahapan menyiapkan atau menyediakan sejumlah material yang diperlukan sebelum masuk tahap proses fabrikasi alat uji bending. Dalam proses ini terdapat beberapa material yang diperlukan seperti, besi U, plat besi, dan bahan lainnya.



Gambar 3.18 Besi UNP

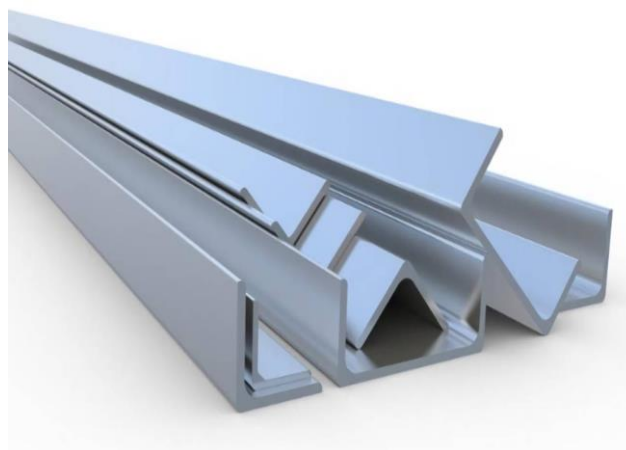
3.4.2 Plat Besi

Besi plat adalah bahan konstruksi yang terbuat dari baja dengan bentuk datar dan tipis. Dengan kekuatan dan ketahanannya yang luar biasa, besi plat menjadi salah satu pilihan utama dalam pembuatan rangka bangunan, kendaraan, hingga peralatan industri. Selain itu, besi plat juga memberikan fleksibilitas dan kemudahan dalam pembentukan desain.



Gambar 3.19 Plat besi

3.4.3 Besi Siku



Gambar 3.20 Besi siku

Besi siku adalah material logam besi atau plat besi yang dibentuk menyiku dan dilapisi dengan lapisan anti karat. Besi siku salah satu jenis profil baja yang memiliki bentuk seperti huruf L digunakan sebagai penyangga motor listrik dan pompa hidrolik.

3.5 Proses Fabrikasi Modifikasi Alat Uji Bending

Proses fabrikasi merupakan tahapan pengolahan bahan mentah (seperti baja) untuk pembuatan alat uji bending yang harus melewati berbagai macam metode yang berbeda. Komponen material yang digunakan pada fabrikasi alat uji bending berupa plat, besi u, ataupun lainnya, yang akan diproses menjadi serangkaian bentuk tertentu sesuai ukuran dan dimensi yang sudah ditentukan sebelumnya, berikut adalah serangkaian proses fabrikasi alat uji bending.

3.5.1 Proses Pemotongan Bahan Mentah

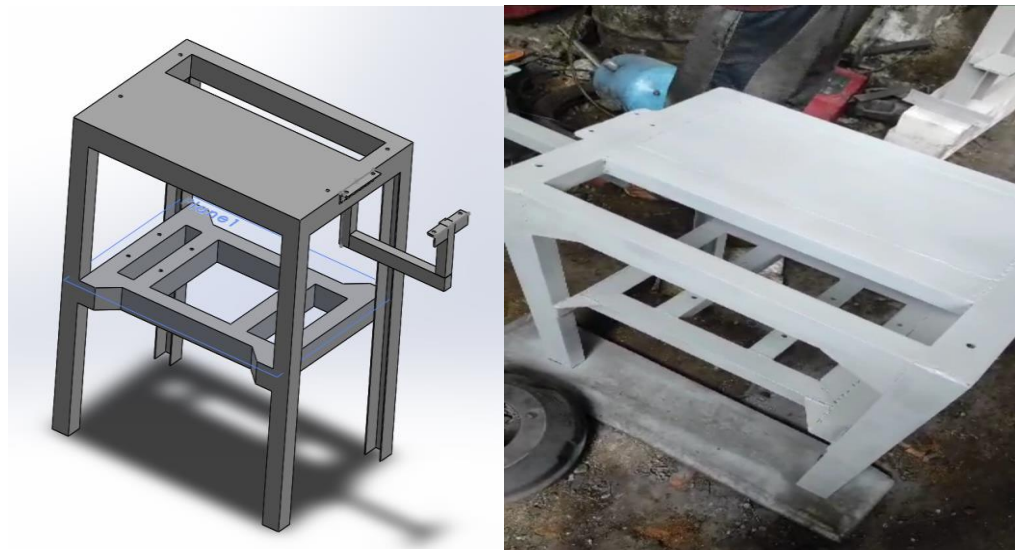


Gambar 3.21 Pemotongan bahan mentah

Proses pemotongan merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk atau dimensi dari logam dengan cara memotong. Pada proses ini bahan mentah Besi UNP dan besi plat dipotong sesuai dengan dimensi yang sudah direncanakan sebelumnya.

3.5.2 Fabrikasi Stand Meja

Proses fabrikasi stand meja alat uji bending, dilakukan dengan teknik pengelasan las busur listrik (SMAW). Material yang telah dipotong sebelumnya, dilanjutkan tahap pengelasan rangka sesuai dimensi yang sudah ditentukan. Berikut adalah gambar hasil fabrikasi stand meja uji bending.



Gambar 3.22 Hasil pengerjaan stand meja

Dalam proses fabrikasi dimulai dengan mengelas kaki meja dengan rangka meja bagian atas, lalu menambahkan plat besi pada dudukan rangka atas dan melakukan penambahan dudukan tangki oil, dudukan motor listrik dan pompa dibagian tengah rangka.

3.5.3 Proses Pengecatan

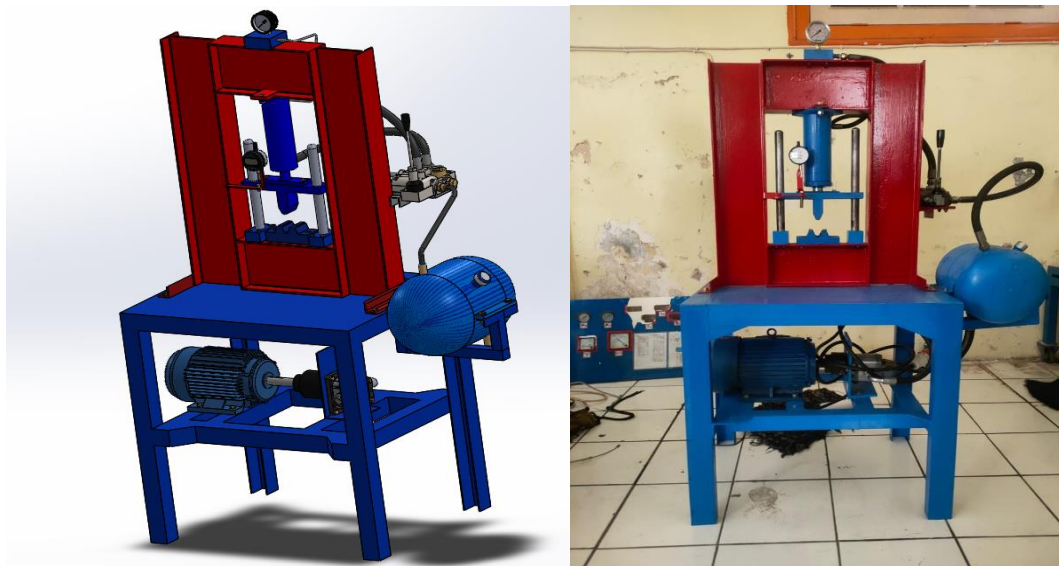


Gambar 3.23 Proses pengecatan

Proses ini berguna untuk melindungi besi dari korosi dan goresan serta untuk memperindah penampilan dari alat uji bending. Proses ini dilakukan dengan melakukan pengecatan dasar terlebih dahulu. Jika cat dasar dirasa sudah cukup baik dan rapi maka dilakukan proses pengecatan selanjutnya dengan warna yang telah direncanakan sebelumnya.

3.5.4 Proses Assembling Modifikasi Alat Uji Bending

Adapun modifikasi alat uji bending ini dengan penambahan stand meja yaitu untuk memudahkan dalam mengoperasikan alat uji bending saat ini. Proses ini menyatukan beberapa komponen-komponen alat uji bending.



Gambar 3.24 Hasil assembling alat uji bending

Pada tahapan pertama meja akan dilubangi, hal ini berfungsi agar stand meja dan rangka alat uji bending dapat disatukan. Lalu melakukan penambahan motor listrik dan pompa pada dudukan bawah, serta memasang tangki pada dudukan serta menambahkan tuas penggerak. Jika semua komponen sudah terpasang pada tempatnya dilanjutkan dengan pemasangan selang hidrolik sesuai dengan peruntukannya.

3.6 Sistem Hidrolik Pada Alat Uji Bending

Motor listrik menggerakan pompa, pompa akan memompa oli dari tangki menuju katup pengarah (valve control). Pada saat katup pengarah ditarik ke depan maka katub akan terbuka, aliran fluida akan menuju silinder hidrolik. Silinder hidrolik akan menghasilkan gaya tekan searah yang mengakibatkan point bending atas bergerak kebawah menekan benda uji yang berada pada point bending bawah. Pada saat bersamaan aliran fluida yang sama juga menekan pada manometer sehingga dapat dilihat kekuatan tekanannya.

Jika katub penggerak diposisi netral maka aliran yang ada pada rangkaian silinder akan tetap sama dan jika katup penggerak digerakan kebelakang maka aliran yang ada pada rangkaian silinder hidrolik akan terlepas maka point bending atas akan kembali pada tempat semula.

3.7 Metodologi Pengolahan Data

Metodologi pengolahan data adalah suatu cara atau teknik untuk mendapatkan informasi dan sumber data yang akan digunakan dalam penelitian. Informasi atau data ini bisa dalam bentuk apa saja, literatur, seperti jurnal, artikel, tesis, buku, koran, dan sebagainya. Pada penelitian modifikasi alat uji bending ini menggunakan metode observasi dan literatur.

3.7.1 Menghitung Daya yang dibutuhkan dan Daya Pompa

Setelah mendesain bahan yang digunakan dan bentuknya, maka selanjutnya adalah menghitung berapa daya pada pompa perhitungan ini perlu dilakukan untuk mengetahui daya hidrolis maksimal pompa dengan fluida yang ada dan sistem hidrolik yang ada sehingga tidak melebihi dari kekuatan maksimal yang dimiliki oleh rangka yang sudah ada, tapi juga harus minimal sama dengan dongkrak hidrolik sebelumnya.

Perhitungannya antara lain :

- a. Perhitungan daya motor, kopel dan pompa :

$$P_{\text{motor}} = 3 \text{ PK} = 3 \text{ HP} = 2,2 \text{ kw}$$

$$n_{\text{motor}} = 1450 \text{ rpm}$$

$$\eta_{\text{motor}} = 81\%$$

$$V_{\text{pompa}} = 8,4 \text{ ml/rev}$$

$$\begin{aligned}
 T_{\text{kopel}} &= 550 \text{ lb-in} \\
 \eta_{\text{pompa}} &= 93\% \\
 \text{Massa jenis oli} &= 872,7 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Viskositas oli} &= 3,270 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}
 \end{aligned}$$

- Daya keluar motor :

$$\begin{aligned}
 P_r &= P_{\text{motor}} \times \eta_m \\
 &= 3 \text{ PK} \times 81\% \\
 &= 2,43 \text{ HP} = 1812,05 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Mencari torsi yang terjadi :

$$P_r = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60}$$

$$1812,05 \text{ watt} = \frac{T \cdot 2\pi \cdot 1450}{60}$$

$$T = 11 \text{ Nm} = 97,3 \text{ lb-in}$$

Dari spesifikasi kopel dapat dilihat bahwa

$$T_{\text{terjadi}} < T_{\text{kopel}}$$

$$97,3 \text{ lb-in} < 550 \text{ lb-in}$$

- Daya pompa :

$$P_r = P_m$$

$$P_r = \frac{P_p}{\eta_p}$$

$$P_p = 2,43 \text{ HP} \times 93\%$$

$$= 2,25 \text{ HP} = 1,67 \text{ kw}$$

- Kapasitas pompa :

$$\begin{aligned}
 Q &= n \times v \\
 &= 1450 \text{ rpm} \times 8,4 \text{ ml/rev} \\
 &= 12180 \text{ ml/min} \\
 &= 0,01218 \text{ m}^3/\text{min} \\
 &= 0,000203 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- b. Mencari perbedaan tekanan statis sisi hisap dan sisi tekan :

$$h_p = \frac{p}{\gamma} = \frac{p_d}{\gamma} = \frac{p_s}{\gamma}$$

tapi karena tekanan pada sisi hisap dan tekan sama maka $h_p = 0$

- c. Kecepatan aliran rata-rata sisi hisap dan tekan

Aliran hisap $3/4$ inch :

$$v_s = \frac{Q}{A_s} = \frac{0,000203 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,009525^2 \text{ m}} = 0,71 \text{ m/s}$$

Aliran tekan $1/2$ inch :

$$v_d = \frac{Q}{A_d} = \frac{0,000203 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,00635^2 \text{ m}} = 1,6 \text{ m/s}$$

- d. Kerugian head yang terjadi :

- Kerugian gesek pada pipa $1/2$ inch :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,000203 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,00635^2 \text{ m}} = 1,6 \text{ m/s}$$

Mencari bilangan reynold:

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{1,6 \text{ m/s} \times 0,0127 \text{ m}}{3,270 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 621,4 \text{ (laminar)}$$

$$= \frac{64}{Re} = \frac{64}{621,4} = 0,1$$

Besar kerugian gesek :

$$hf = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,1 \frac{0,07 \text{ m}}{0,0127 \text{ m}} \frac{1,6^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,071 \text{ m (pipa 70 cm)}$$

$$hf = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,1 \frac{0,09 \text{ m}}{0,0127 \text{ m}} \frac{1,6^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,092 \text{ m (pipa 90 cm)}$$

- Kerugian gesek pada pipa $\frac{1}{4}$ inch :

Mencari kecepatan aliran :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,000203 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,003175^2 \text{ m}} = 6,4 \text{ m/s}$$

Mencari bilangan reold :

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{6,4 \text{ m/s} \times 0,00635 \text{ m}}{3,270 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 1283,9 \text{ (laminar)}$$

$$= \frac{64}{Re} = \frac{64}{1283,9} = 0,04$$

Besar kerugian gesek :

$$hf = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,04 \frac{0,07 \text{ m}}{0,00635 \text{ m}} \frac{6,4^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,9 \text{ m (pipa 70 cm)}$$

$$hf = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,04 \frac{0,09 \text{ m}}{0,00635 \text{ m}} \frac{6,4^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} = 1,1 \text{ m (pipa 90 cm)}$$

- Kerugian gesek pada pipa $\frac{3}{4}$ inch :

Mencari kecepatan aliran :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,000203 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 0,0091875^2 \text{ m}} = 0,76 \text{ m/s}$$

Mencari bilangan renold :

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{0,76 \text{ m/s} \times 0,001905 \text{ m}}{3,270 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 44,2 \text{ (laminar)}$$

$$= \frac{64}{Re} = \frac{64}{44,2} = 1,44$$

Besar kerugian gesek :

$$hf = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 1,44 \frac{0,04 \text{ m}}{0,0018375 \text{ m}} \frac{0,76^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,9 \text{ m (pipa 40cm)}$$

- Kerugian ujung masuk pipa :

- Ujung masuk pipa diameter $1/2$ inch :

$$\begin{aligned} hf &= f \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,5 \frac{1,6^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,065 \text{ m} \end{aligned}$$

- Ujung masuk pipa diameter $3/4$ inch :

$$\begin{aligned} hf &= f \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,5 \frac{0,76^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,014 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kerugian pengecilan pipa $1/2$ menjadi $1/4$:

$$hf = f \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,45 \frac{6,4^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,94 \text{ m}$$

- Kerugian ujung keluar pipa :

- Ujung keluar pipa diameter $1/2$ inch :

$$hf = f \frac{v^2}{2g}$$

$$= 1 \frac{1,6^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,13 \text{ m}$$

- Ujung keluar pipa diameter $1/4$ inch :

$$hf = f \frac{v^2}{2g}$$

$$= 1 \frac{6,4^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 2,08 \text{ m}$$

- Ujung keluar pipa diameter $3/4$ inch :

$$hf = f \frac{v^2}{2g}$$

$$= 1 \frac{0,76^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,029 \text{ m}$$

- Kerugian percabangan pipa :

Untuk titik 1 sampai 3 :

$$\begin{aligned} h_{f1-3} &= f1 \frac{v_1^2}{2g} \\ &= 0,35 \frac{6,4^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,73 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk titik 1 sampai 2 :

$$\begin{aligned} h_{f1-2} &= f1 \frac{v_1^2}{2g} \\ &= 1,29 \frac{6,4^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 2,7 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kerugian dalam belokan

- Belokan pada pipa $\frac{1}{2}$ inch/0,0127 m :

$$\begin{aligned} f &= 0,131 + 1,847 \frac{D^{3,5}}{2R} \frac{\theta^{0,5}}{90} \\ &= 0,131 + 1,847 \frac{0,0127^{3,5}}{2 \times 0,02} \frac{90^{0,5}}{90} \\ &= 0,13 \end{aligned}$$

Besar kerugian :

$$\begin{aligned}
 hf &= f \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,13 \frac{1,6^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0,016 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Belokan pada pipa $1/4$ inch/0,00635 m :

$$\begin{aligned}
 f &= 0,131 + 1,847 \frac{D^{3,5}}{2R} \frac{\theta^{0,5}}{90} \\
 &= 0,131 + 1,847 \frac{0,00635^{3,5}}{2 \times 0,02} \frac{90^{0,5}}{90} \\
 &= 0,13
 \end{aligned}$$

Besar kerugian :

$$\begin{aligned}
 hf &= f \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,13 \frac{6,4^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0,27 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Belokan pada pipa $3/4$ inch :

$$\begin{aligned}
 f &= 0,131 + 1,847 \frac{D^{3,5}}{2R} \frac{\theta^{0,5}}{90} \\
 &= 0,131 + 1,847 \frac{0,01905^{3,5}}{2 \times 0,02} \frac{90^{0,5}}{90} \\
 &= 0,13
 \end{aligned}$$

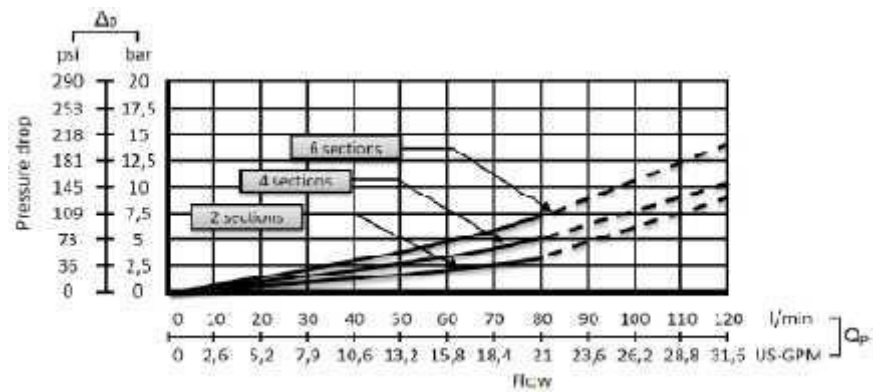
Besar kerugian :

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,13 \frac{0,76^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,003 \text{ m}$$

- Kerugian akibat katub



Gambar 3.25 Grafik kerugian katub (Orval, 2012)

Pressure drop = 0,435 bar = 43500 pa (Orval, 2012)

$$P = \rho \times g \times h$$

$$43500 = 872,7 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times h$$

$$h = 5,08 \text{ m}$$

$$h_v = 5,08 \text{ m}$$

3.8 Prosedur Pengujian

1. Meletakkan benda uji besi cor diatas *point bending* bagian bawah.
2. Posisikan benda uji yang berada diatas point bagian bawah agar menempel dengan *point bending* bagian atas, dengan cara menarik tuas pembuka katup untuk menjalankan penekan hidrolik.
3. Posisikan *dial indicator* pada posisi nol.
4. Mulai menjalankan penekan hidrolik dengan cara menggerakkan tuas pada katup pengarah.
5. Aktifkan alat pengukur waktu pada saat penekan hidrolik mulai bergerak.
6. Lakukan pengamatan secara seksama pada alat pengukur dan benda uji hingga benda uji mengalami lengkung atau.
7. Pada saat benda uji sudah mengalami lengkung/retak hentikan gerakan penekan hidrolik, hentikan alat pengukur waktu dan baca angka yang ditunjukan oleh *pressure gauge* pada saat yang bersamaan.
8. Catat data-data yang dibutuhkan setelah melakukan pengujian, seperti: tekanan pada manometer, waktu dan *dial indicator*.
9. Lakukan pengujian seperti diatas secara berulang kali jangan lupa ambil data-data yang dibutuhkan.

3.9 Data yang diperlukan

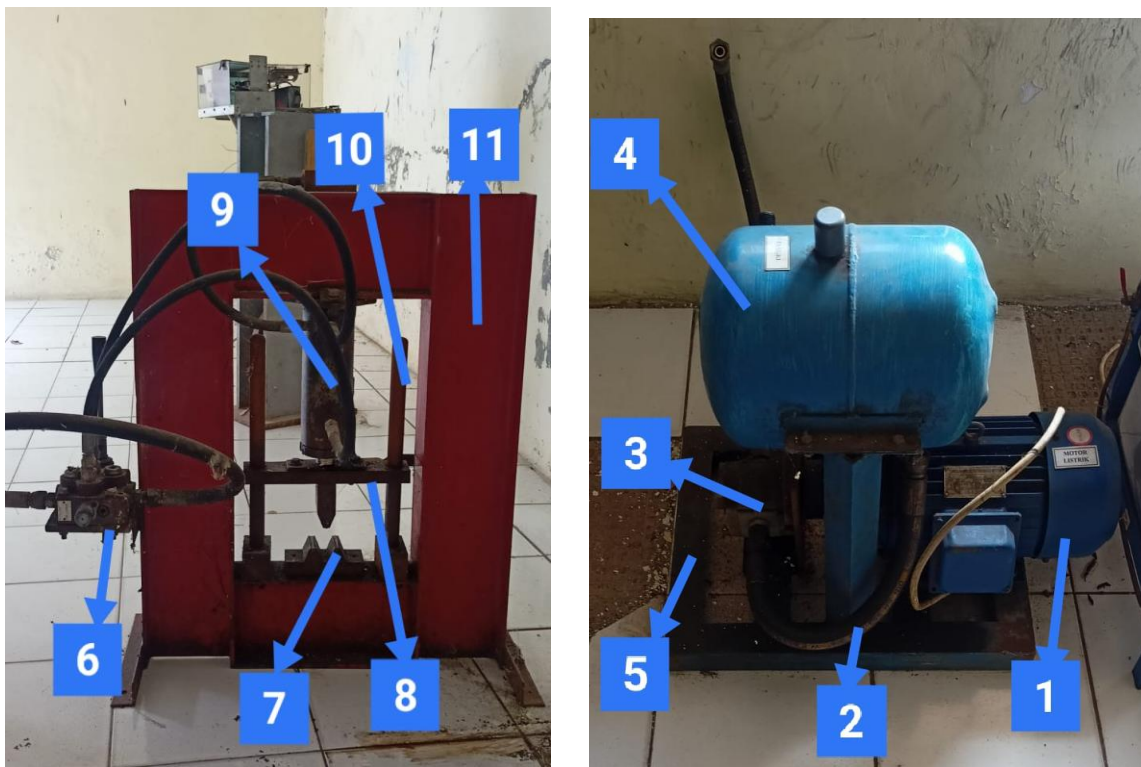
Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah dengan cara mencari gaya, tegangan, *displacement* dan kecepatan *displacement* dari data yang didapat pada saat melakukan pengujian. Proses pengujian yang dilakukan menggunakan 4 bahan yang berbeda yaitu besi baja karbon rendah. Variabel yang digunakan pada proses pengujian adalah perbedaan dimensi pada benda uji.

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hasil Modifikasi Alat Uji Bending

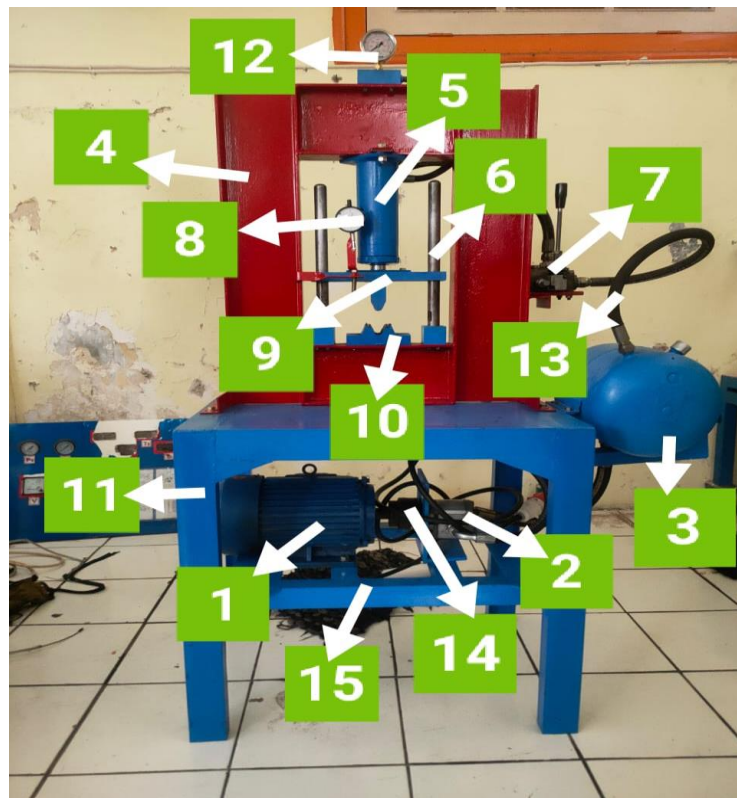
Setelah merancang modifikasi alat uji bending sistem mekanik hidrolik kemudian melakukan proses pembuatan sampai alat tersebut jadi, terdapat masalah pada komponen alat uji *bending*, sehingga hasil pembuatan alat tersebut masih sama dengan rancangan awal hanya saja dengan menambahkan meja *stand* untuk mempermudah dalam mengoperasikan alat tersebut. Adapun perubahan dari alat awal dengan alat akhir dapat dilihat pada gambar 4.1. dan gambar 4.2.



Gambar 4.1 Alat uji *bending* sebelum modifikasi (Ainul Makhrus, Bambang Setyoko 2015)

Keterangan :

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Motor listrik | 7. Point bending bawah |
| 2. Selang hidrolik | 8. Point bending atas |
| 3. Pompa hidrolik | 9. Silinder hidrolik |
| 4. Tangki oil | 10. Dudukan point bennding atas |
| 5. Dudukan Pompa, motor dan tangki | 11. Rangka |
| 6. Katup pengarah | |



Gambar 4.1 Alat uji *bending* setelah modifikasi

Keterangan :

- | | |
|-------------------|--------------------------------|
| 1. Motor listrik | 9. <i>Point bending</i> atas |
| 2. Pompa hidrolik | 10. <i>Point bending</i> bawah |

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 3. Tangki oil | 11. Meja stand |
| 4. Rangka | 12. Manometer |
| 5. Silinder hidrolik | 13. Selang hidrolik |
| 6. Dudukan <i>point bending</i> Atas | 14. Sambungan kopel |
| 7. Katup Pengarah | 15. Dudukan pompa hidrolik dan motor |
| 8. Dial indikator | |

Pada rancangan terdahulu, alat uji bending ini rangka dengan motor listrik dan pompa hidrolik masih terpisah. Dengan tinggi rangka 75 cm bersentuhan langsung dengan tanah maka sulit untuk mengoperasikannya. Pada alat uji bending sebelumnya juga terdapat komponen yang rusak sehingga tidak dapat dioperasikan.

Pada modifikasi yang kami lakukan dengan perbaikan komponen-komponen yang rusak dan penambahan meja stand agar dapat dengan mudah mengoperasikan alat tersebut dengan rincian modifikasi sebagai berikut :

- Penggantian seal hidrolik karena adanya kebocoran oil
- Penambahan manometer dan dial indikator
- Penambahan meja stand

Setelah proses pembuatan alat, kemudian melakukan proses pengujian. Pengujian bending ini memiliki 2 tujuan, yaitu:

- Pengujian alat
- Penjuian material

Pengujian alat dilakukan untuk melihat alat bekerja dengan apa yang diinginkan dengan cara menghidupkan alat dan menjalankannya dan mencoba simulasi pengujian

dengan meletakkan potongan besi baja karbon rendah untuk dipatahkan. Berikut prosedur dan cara kerja alat ini :

- Pasang steker pada stop kontak maka motor mulai berputar atau bekerja.
- Untuk menjalankan *point bending* atas, tarik tuas katup kedepan untuk menggerakkan *point* keatas dan kebelakang untuk menggerakkan *point* ke bawah.
- Saat tuas katup ditarik maka katup terbuka dan oli dari tangki masuk ke pompa dan dari pompa diteruskan ketup pengarah dan dilanjutkan ke silinder hidrolik untuk mendorong *piston* bergerak dan menggerakkan *point* atas.
- Tempatkan benda yang ingin diuji pada *point* bawah, dan pastikan baut penekan dibawah dial gauge pada posisi paling pendek.
- Turunkan *point bending* atas hingga menyentuh benda uji.
- Kalibrasi dial gauge dengan menaikkan baut penekan dial gauge.
- Siapkan pula penghitung waktu untuk mengtaui lamanya penekanan.
- Turunkan *point* atas hingga benda patah melengkung dan jangan lupa lihat dan perhatikan. Manometer, dial gauge, dan pengukur waktu saat benda patah dan catat hasilnya.

Berikut spesifikasi alat uji bending yang digunakan untuk pengujian :

- | | | | |
|-----------|----------|-------------------|------------------------------|
| • Panjang | : 600 mm | • Motor listrik | : 3 fasa |
| • Lebar | : 550 mm | • Daya motor | : 3HP |
| • Tinggi | : 750 mm | • Kapasitas pompa | : 0,000203 m ³ /s |

- Kapasitas alat : 3,2 ton
- Tekanan max : 300 kgf/cm²
- Putaran motor max : 1450 rpm

Untuk pengujian material dilakukan dengan tujuan mengetahui kekuatan lengkung dari material yang di uji. Untuk material yang di uji adalah besi baja karbon rendah yang memiliki sifat ulet atau lentur, sehingga saat di uji langsung tampak terjadi melengkung karena untuk pengujian bending dengan material yang sifatnya ulet pasti tidak mudah patah. Berdasarkan *American Standard Testing and Material* (astm E290) yang merupakan salah satu standar untuk uji bending, pada astm E290 dijelaskan mengenai dimensi ukuran spesimen yang digunakan dalam pengujian bending. Astm E290 tidak secara spesifik menuliskan mengenai material uji yang harus digunakan pada pengujian standarnya. Sehingga memiliki banyak jenis material yang dapat digunakan untuk pengujian, karena fleksibilitas jenis materialnya kami akhirnya memilih astm E290 untuk standar pengujian yang kami lakukan dan untuk pengujiannya bending dilakukan dengan metode *Three point bending*.

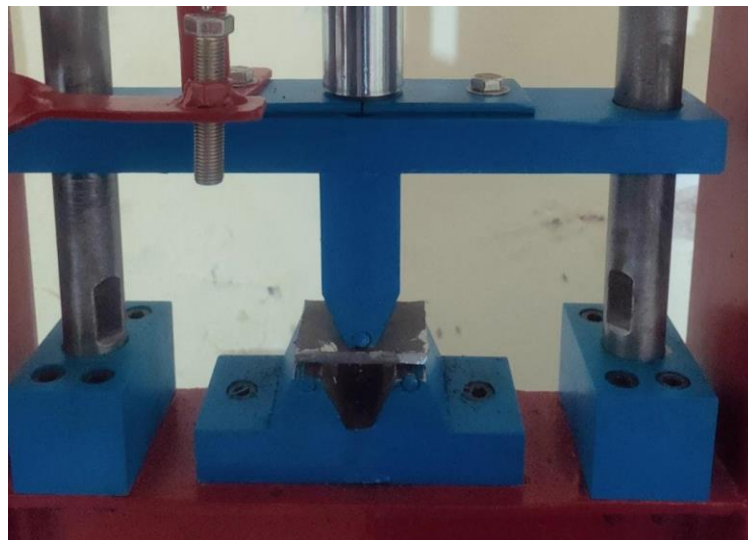
Pada pengujian material ini dibagi menjadi dua variable, yaitu: variable terikat dan variable bebas. Variabel bebas adalah objek yang mengalami pengujian dan objek yang di uji adalah besi baja karbon rendah. Sedangkan variable terikat adalah parameter-parameter pengujian pada objek yang di uji dan yang menjadi parameter dalam pengujian bending, yaitu: dimensi benda uji, gaya tekan yang terjadi terhadap benda uji dan kekuatan lengkung benda uji itu sendiri. Didalam pengujian ini, besi baja karbon rendah di bagi menjadi beberapa sampel, yaitu:

- Dimensi 50 mm x 24 mm x 3 mm
- Dimensi 50 mm x 32 mm x 4 mm
- Dimensi 50 mm x 40 mm x 5 mm
- Dimensi 50 mm x 48 mm x 6 mm

Dengan sampel diatas tiap dimensi memiliki jumlah 3 sampel untuk pengujian *three poin bending*.

4.2 Pengujian *Three Point Bending*

Pada pengujian *three point bending* ini material yang diuji adalah besi baja karbon rendah, untuk proses pengujian ada beberapa tahapan, pertama persiapan pengujian besi baja karbon rendah dengan ukuran yang sudah ditentukan dan penempatan benda uji pada alat bending seperti gambar 4.3.



Gambar 4.3 Posisi benda uji besi baja karbon rendah pada alat uji bending

Setelah benda uji posisinya sudah siap seperti gambar 4.3, selanjutnya mempersiapkan alat ukur yang digunakan pada waktu pengujian, yaitu dial indicator dan

manometer harus pada posisi nol serta alat pengukur waktu juga harus disiapkan. Data yang diambil pada pengujian antara lain:

1. Besar tekanan
2. Besar simpangan
3. Waktu penekanan

4.3 Data Hasil Pengujian *Three Point Bending*

Setelah melakukan pengujian three point bending dengan bahan uji besi baja karbon rendah dengan variasi dimensi sebanyak 4 kali, didapatkan data hasil pengujian seperti tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data pengujian *three point bending* pada besi baja karbon rendah

No	Dimensi (pxlxt) (mm)	Tekanan (kgf/cm ²)	Simpangan (mm)	Waktu (detik)
1	50 x 24 x 3	140	1,70	1,93
2	50 x 24 x 3	130	1,70	1,90
3	50 x 24 x 3	140	1,69	1,75
4	50 x 32 x 4	150	1,68	2,25
5	50 x 32 x 4	150	1,67	2,10
6	50 x 32 x 4	160	1,68	2,07
7	50 x 40 x 5	170	1,65	2,40
8	50 x 40 x 5	160	1,65	2,44
9	50 x 40 x 5	160	1,64	2,41
10	50 x 48 x 6	180	1,62	2,66

11	50 x 48 x 6	170	1,61	2,56
12	50 x 48 x 6	180	1,61	2,75

4.3.1 Perhitungan Hasil Pengujian *Three Point Bending*

Besarnya gaya tekan hidrolis pada spesimen benda uji dapat dicari menggunakan data dari besar tekanan hidrolis yang ditunjukkan pada manometer p (kgf/cm²). Dengan menggunakan rumus:

$$p = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (4.1)$$

Dimana :

p = Tekanan hidrolis (kgf/cm²)

P = Gaya tekan hidrolis (kgf)

A = Luas penampang piston hidrolis (cm²)

Setelah diketahui besar gaya tekan hidrolis (P), untuk menghitung tegangan lengkung (flexural strength) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 bd^2} \dots \dots \dots (4.2)$$

Dimana :

σ_f = Tegangan lengkung (kgf/mm²)

P = Beban atau Gaya hidrolik (kgf)

l = Jarak antar *point* bawah (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

d = Tebal benda uji (mm)

a. Pengolahan data

Perhitungan pada besi baja karbon rendah pada Sampel no.1

❖ Gaya tekan hidrolis :

$$p = 140 \text{ kg/cm}^2 = 1,4 \text{ kgf/mm}^2$$

$$d = 3 \text{ mm}$$

$$b = 24 \text{ mm}$$

$$L = 40 \text{ mm}$$

$$D_{\text{dalam piston}} = 70 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow A = \pi/4 \cdot D^2$$

$$= 0,785 \cdot 70^2$$

$$= 3846,5 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow P = p \cdot A$$

$$= 1,4 \text{ kgf/mm}^2 \cdot 3846,5 \text{ mm}^2$$

$$= 5385,1 \text{ kgf}$$

❖ Flexurel strength :

$$\Rightarrow \sigma_f = \frac{3 PL}{2 b d^2}$$

$$= \frac{3 \cdot 5385,1 \cdot 40}{2 \cdot 24 \cdot 3^2}$$

$$= 1495,86 \text{ kgf/mm}^2$$

❖ Kecepatan penekanan :

$$s \text{ (jarak)} = 1,70 \text{ mm}$$

$$t \text{ (waktu)} = 1,93 \text{ detik}$$

$$\Rightarrow v = \frac{s}{t}$$

$$= \frac{1,70}{1,93} = 0,880 \text{ mm/detik}$$

b. Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan dari semua spesimen besi baja karbon rendah selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.2 Data hasil perhitungan *three point bending* semua benda uji

		No. Sampel	Gaya Tekan Hidrolis (kgf)	Flexural Strength (kgf/mm ²)	Kecepatan Penenkakan (mm/s)	Rata-rata SD		
						Gaya Tekan Hidrolis (kgf)	Flexural Strength (kgf/mm ²)	Kecepatan Penenkakan (mm/s)
Tebal Spesimen (mm)	3 mm	1	5385,10	1495,86	0,880	5256,88 ± 71,03	1460,24 ± 19,73	0,913 ± 0,012
		2	5000,45	1389,01	0,894			
		3	5385,10	1495,86	0,965			
	4 mm	4	5769,75	676,14	0,746	5897,96 ± 79,70	691,16 ± 9,34	0,784 ± 0,010
		5	5769,75	676,14	0,795			
		6	6154,40	721,20	0,811			
	5 mm	7	6539,05	392,34	0,687	6282,61 ± 84,90	376,95 ± 15,09	0,681 ± 0,009
		8	6154,40	369,26	0,676			
		9	6154,40	369,26	0,680			
	6 mm	10	6923,70	240,40	0,609	6795,48 ± 91,38	235,95 ± 3,18	0,607 ± 0,008
		11	6539,05	227,05	0,628			
		12	6923,70	240,40	0,585			

4.4 Analisa Hasil Pengujian dan Perhitungan

Pada pengujian besi baja karbon rendah dengan metode *three point bending test* ini sudah berjalan dengan baik. Pada waktu pengujian point atas tepat menekan ditengah spesimen benda uji, hal itu merupakan salah satu syarat pengujian dikatakan berhasil sebelum bisa mengetahui kebenaran dari hasil kekuatan lengkung dari benda uji. Selain itu benda uji dapat melengkung ditengah-tengah yaitu tepat pada posisi penekanan dari point atas, seperti terlihat pada gambar 4.4.

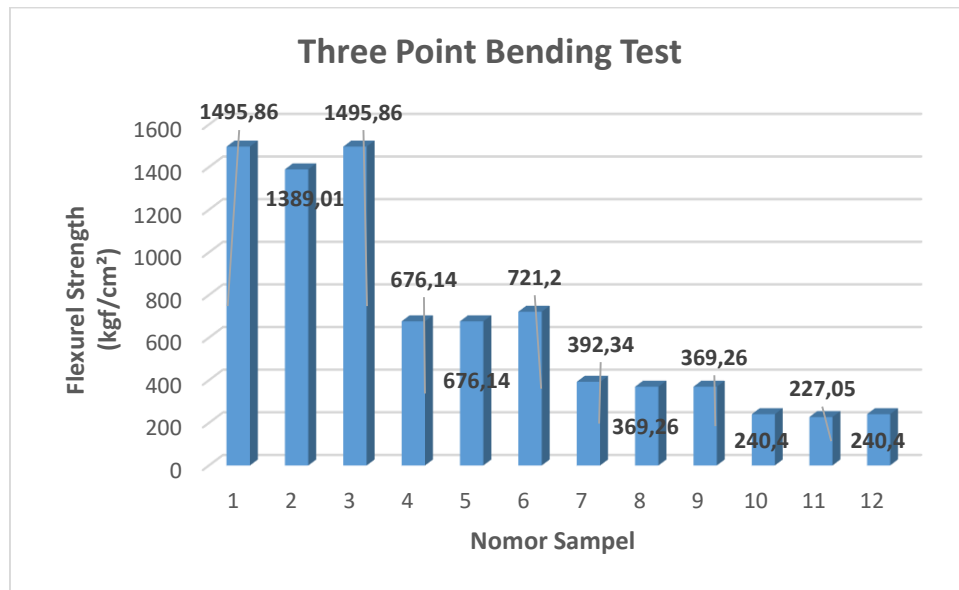


(a)



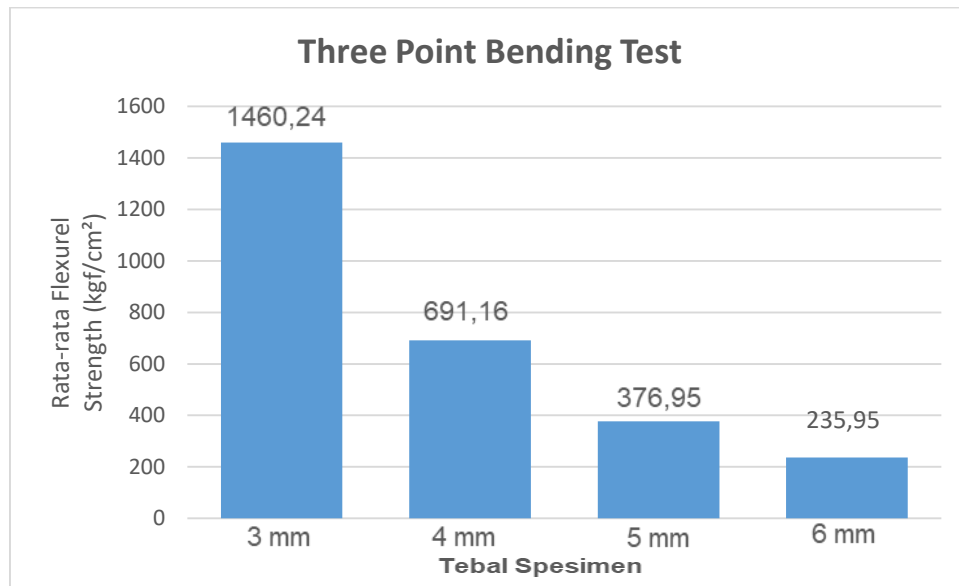
(b)

Gambar 4.4 (a) Bentuk benda besi baja karbon rendah saat melengkung, (b) Bentuk lengkungan benda uji besi baja karbon rendah setelah *three point bending test*.



Gambar 4.5 Grafik data hasil perhitungan *three point bending* pada benda uji

Dari gambar grafik 4.5 menunjukkan bahwa nilai flexural strength hasil perhitungan dengan menggunakan metode *three point bending* dari seluruh spesimen terjadi fluktuasi yang sangat besar. Hal itu dapat terjadi karena perbedaan ukuran spesimen benda uji dan pengaruh kecepatan penekanan pada spesimen benda uji saat pengujian berlangsung yang kecepatannya berbeda-beda untuk tiap pengujian, perbedaan kecepatan penekanan dipengaruhi oleh kecepatan bukaan katup saat tuas katup ditarik, namun perbedaan kecepatan ini tidak terlalu signifikan, dan dari data tersebut juga dapat dilihat semakin tebal benda uji maka simpangan akan semakin kecil.



Gambar 4.6 Grafik rata-rata flexure strength

Berdasarkan gambar grafik 4.6 menunjukkan bahwa nilai rata-rata flexural strength hasil perhitungan dengan menggunakan metode *three point bending* dari seluruh spesimen terjadi fluktuasi yang sangat besar. Hal itu dapat terjadi karena perbedaan ukuran spesimen benda uji yang berbeda-beda. Dilihat dari data tersebut lebar dan ketebalan ukuran spesimen sangat berpengaruh pada nilai flexural strenght yang didapatkan. Spesimen yang memiliki lebar lebih kecil dan tipis memiliki nilai flexural strenght yang tinggi dibandingkan dengan spesimen yang memiliki lebar lebih besar dan tebal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan proses Modifikasi Alat Uji Bending Sistem Hidrolik, maka dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya:

1. Pada alat uji sebelumnya juga terdapat komponen yang rusak sehingga tidak dapat dioperasikan. Modifikasi yang kami lakukan dengan perbaikan komponen-komponen yang rusak dan penambahan meja stand agar dapat dengan mudah mengoperasikan alat tersebut dengan rincian modifikasi sebagai berikut :

- Penggantian seal hidrolik karena adanya kebocoran oil
- Penambahan manometer dan dial indikator
- Penambahan meja stand

2. Spesifikasi alat uji bending yang digunakan untuk pengujian :

- Panjang : 600 mm
- Lebar : 550 mm
- Tinggi : 750 mm
- Kapasitas alat : 3,2 ton
- Putaran motor max : 1450 rpm
- Motor listrik : 3 fasa
- Daya motor : 3 HP
- Kapasitas pompa : 0,000203 m³/s
- Tekanan max : 300 kgf/cm²

3. Pengujian menggunakan metode *three point bending* yaitu pengujian tiga titik yang menempatkan spesimen pada dua titik penyangga, serta ditekan pada satu titik tengah.
4. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa dimensi benda uji mempengaruhi gaya tekan yang terjadi pada saat pengujian. Semakin kecil dimensi yang di uji maka semakin kecil pula gaya tekan yang di timbulkan. Pada saat melakukan bending test, nilai rata-rata flexural strength yang didapatkan dengan menggunakan metode three point bending sebesar 691,08 kg/mm².
5. Kelebihan dari alat setelah dimodifikasi adalah :
 - Dapat memudahkan dalam mengoperasikan alat uji bending
 - Alat uji bending sudah dapat di operasikan kembali
 - Alat lebih efektif dan efisien saat digunakan.

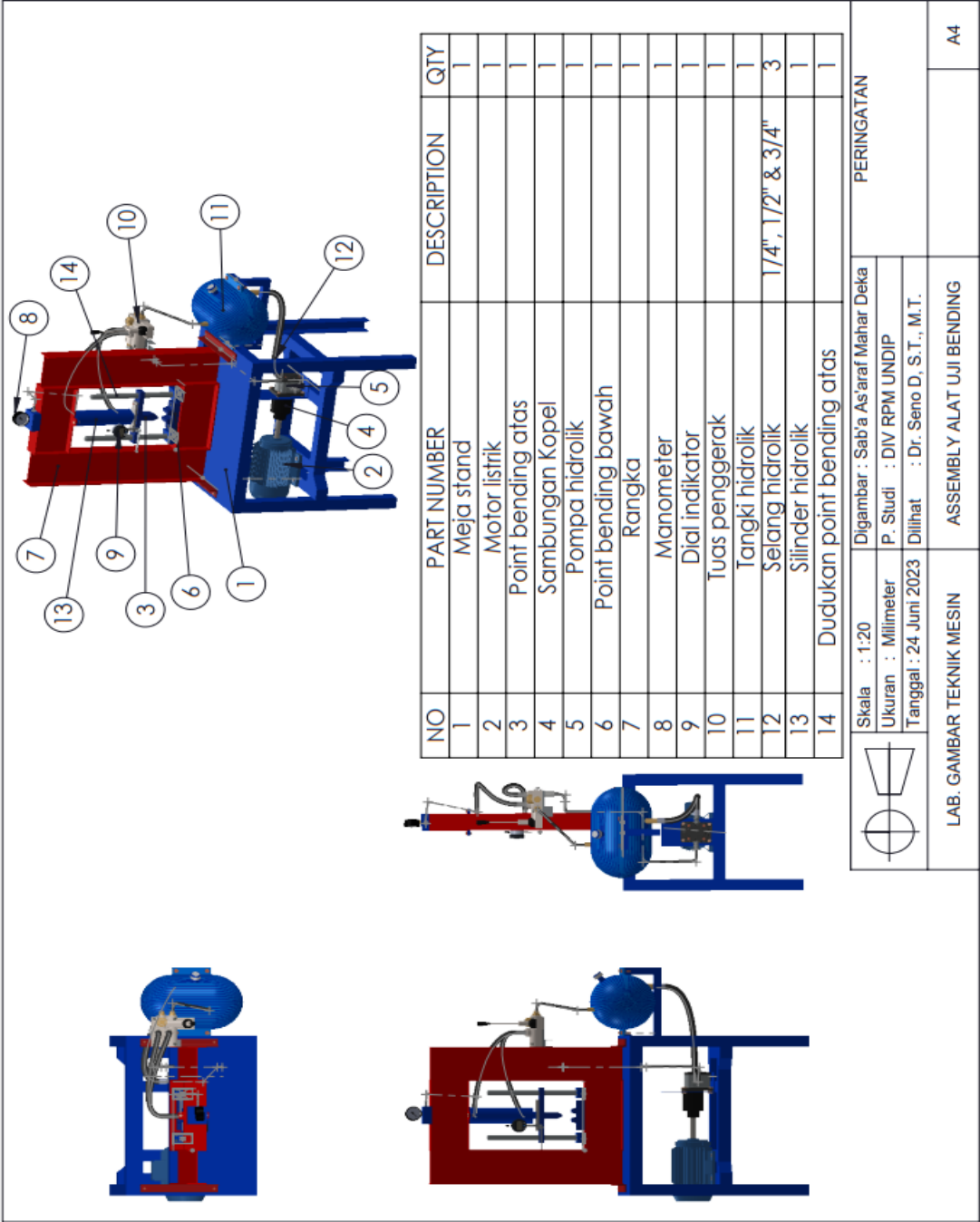
5.2 Saran

1. Kemampuan alat uji bending ini masih terbatas menjadikannya hanya dapat digunakan untuk dimensi benda uji tertentu. Untuk kedepannya bisa dilakukan modifikasi dengan meningkatkan tekanan pompa hidrolik agar dapat melakukan pengujian dengan ukuran spesimen lebih tebal.
2. Jika melakukan upgrade pada sistem mesin hidrolik penulis menyarankan untuk memperbarui rangka mesin agar lebih kuat untuk menahan tekanan yang dihasilkan.
3. Untuk alat pembacaan data sebaiknya menggunakan digital yang lebih teliti dari pembacaan analog.

DAFTAR PUSTAKA

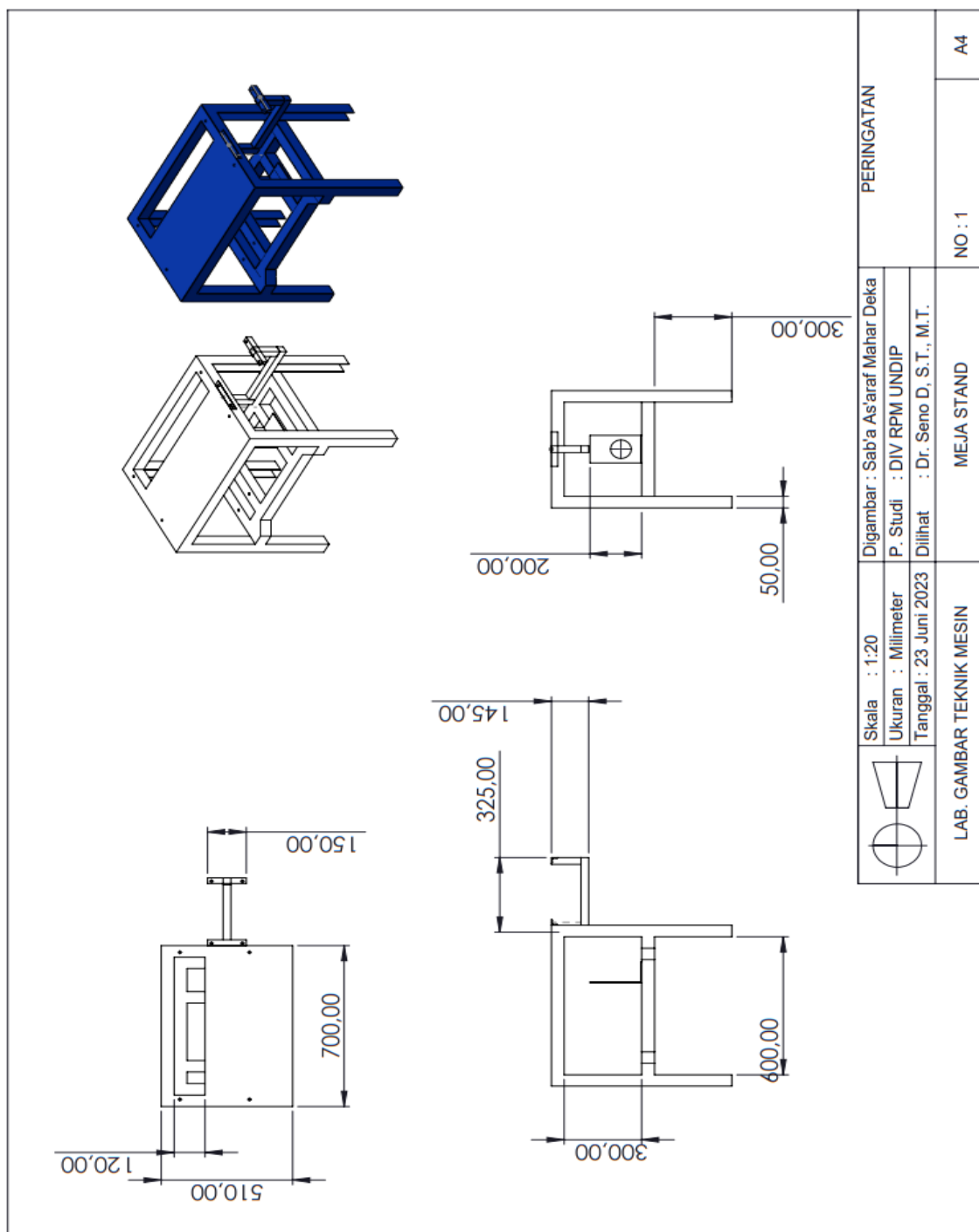
- Ferik, I. H. (1978). mekanika teknik 1-statistika dan kegunaannya. semarang: Kanisius.
- Abdul Khamid, Bambang Setyoko. (2011). Rancang Bangun Alat Uji Bending dan Hasil Pengujian untuk Bahan Besi Cor. Semarang: Laporan TA PSD III Teknik Mesin FT UNDIP.
- Kompas. (2015, Desember 14). hydrolic pump. Retrieved desember 14, 2015, from hydrolic components: <http://www.kompas.com.tw/product/pumps14.htm>
- Orval. (2012, Juni 4). Monoblok Cirectional Control Valve. Retrieved Desember 3, 2015, from Orval corporation web site: www.orval.com.tr
- Riski, P. (2013, Oktober 23). Uji Geser. Retrieved desember 14, 2015, from Kumpulan Tugas Mahasiswa: <http://reskioga.blogspot.sg/2012/10/uji-geser.html>
- Ir.Sularso., & suga, k. (1997). Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin. jakarta: PT. Prandya Paramita.
- Ir.Sularso., & Tahara, P. D. (1983). Pompa dan Kompresor. tokyo: Association for International Tehnical Promotion.

LAMPIRAN



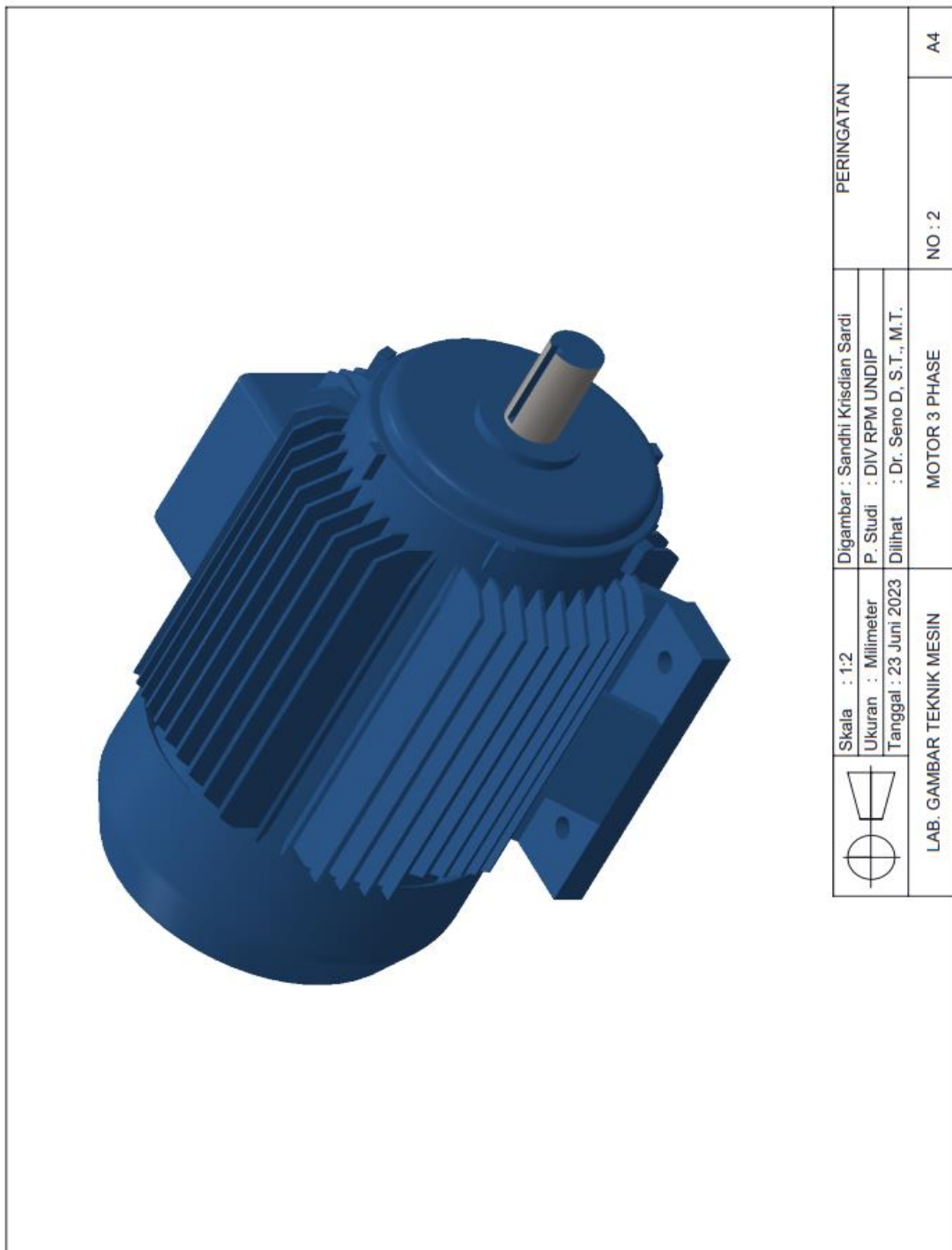
Lampiran 1 Gambar teknik assembly alat uji bending

Sumber : Dokumentasi pribadi



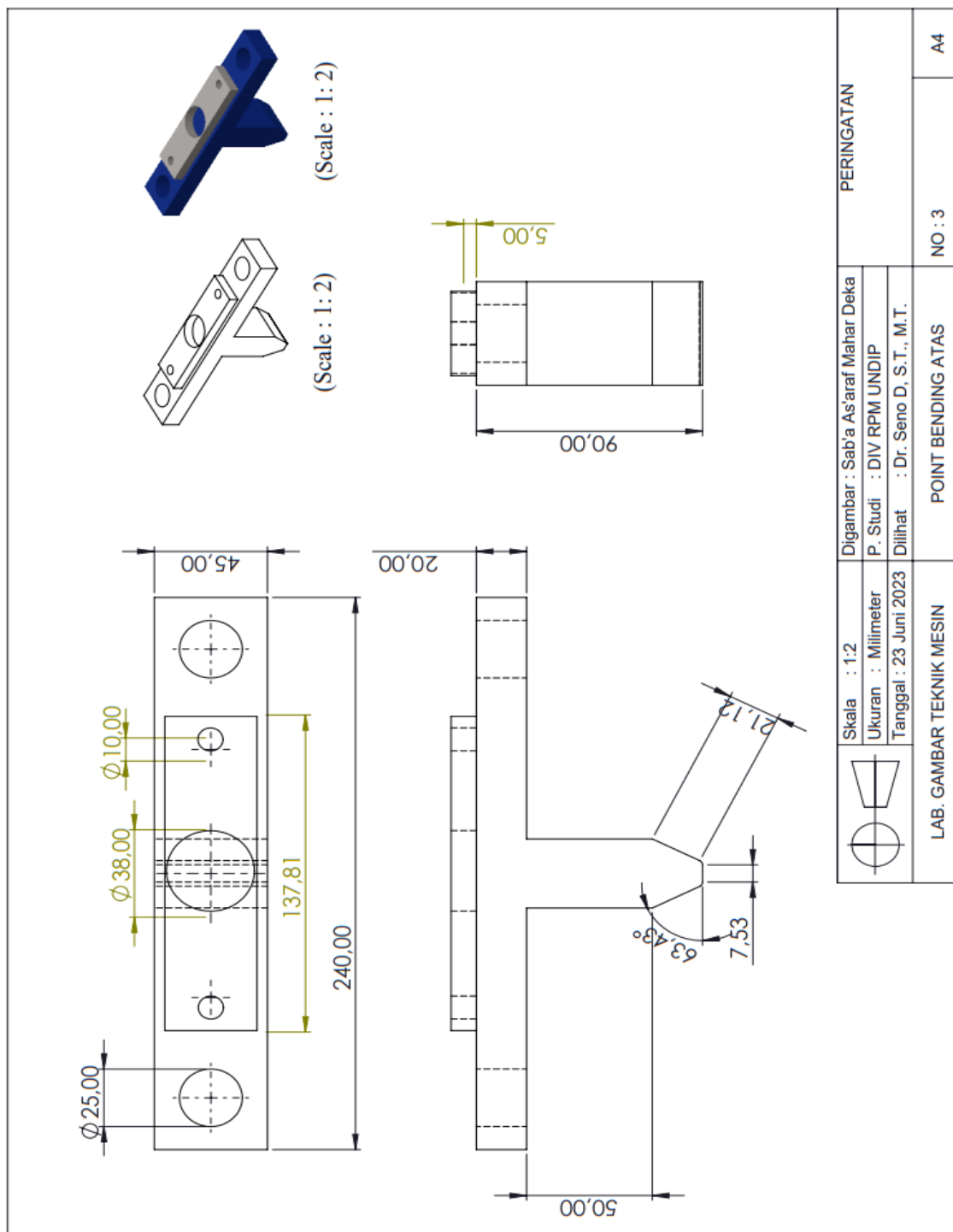
Lampiran 2 Gambar teknik meja stand

Sumber : Dokumentasi pribadi



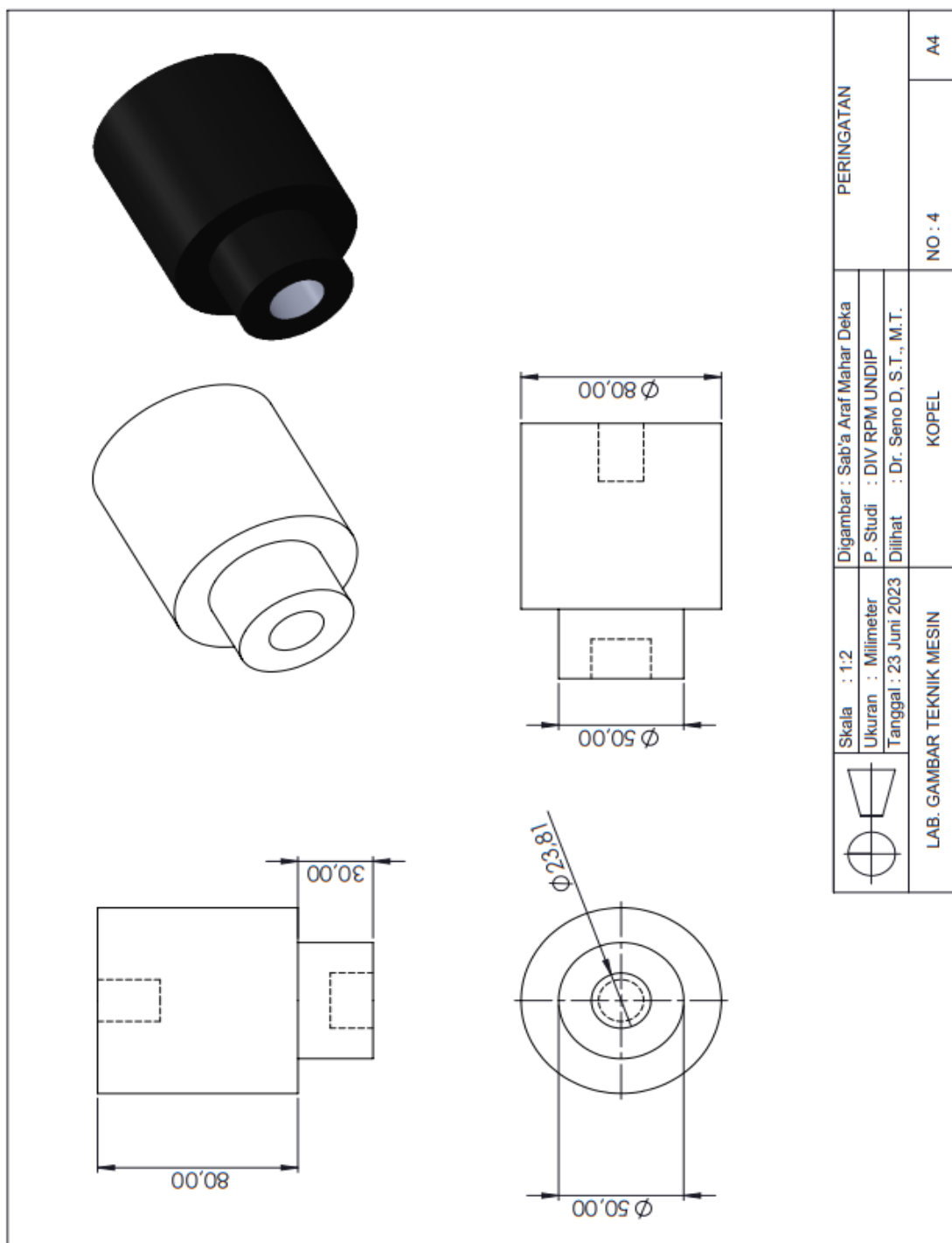
Lampiran 3 Gambar teknik motor listrik

Sumber : Dokumentasi pribadi



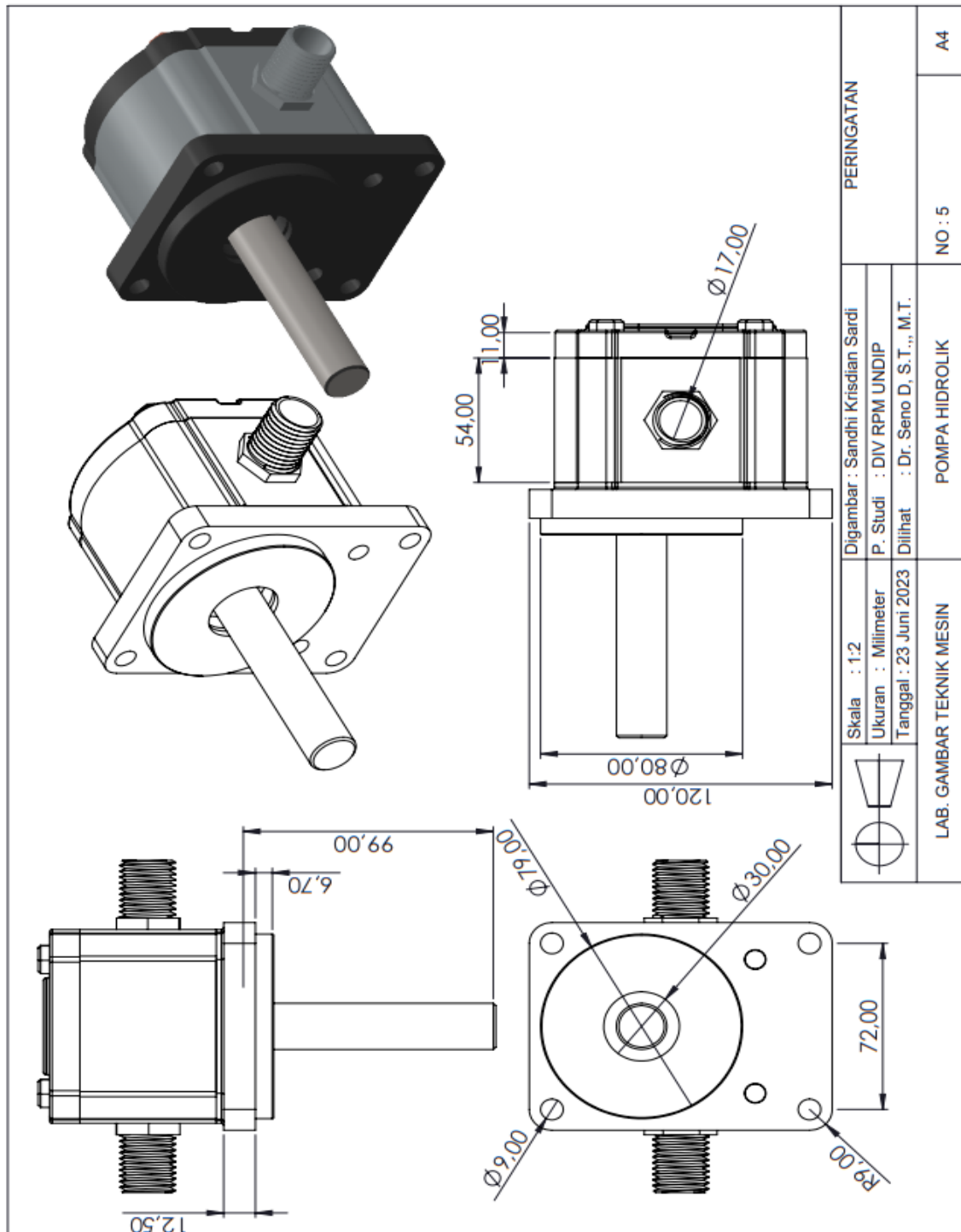
Lampiran 4 Gambar teknik point bending atas

Sumber : Dokumentasi pribadi



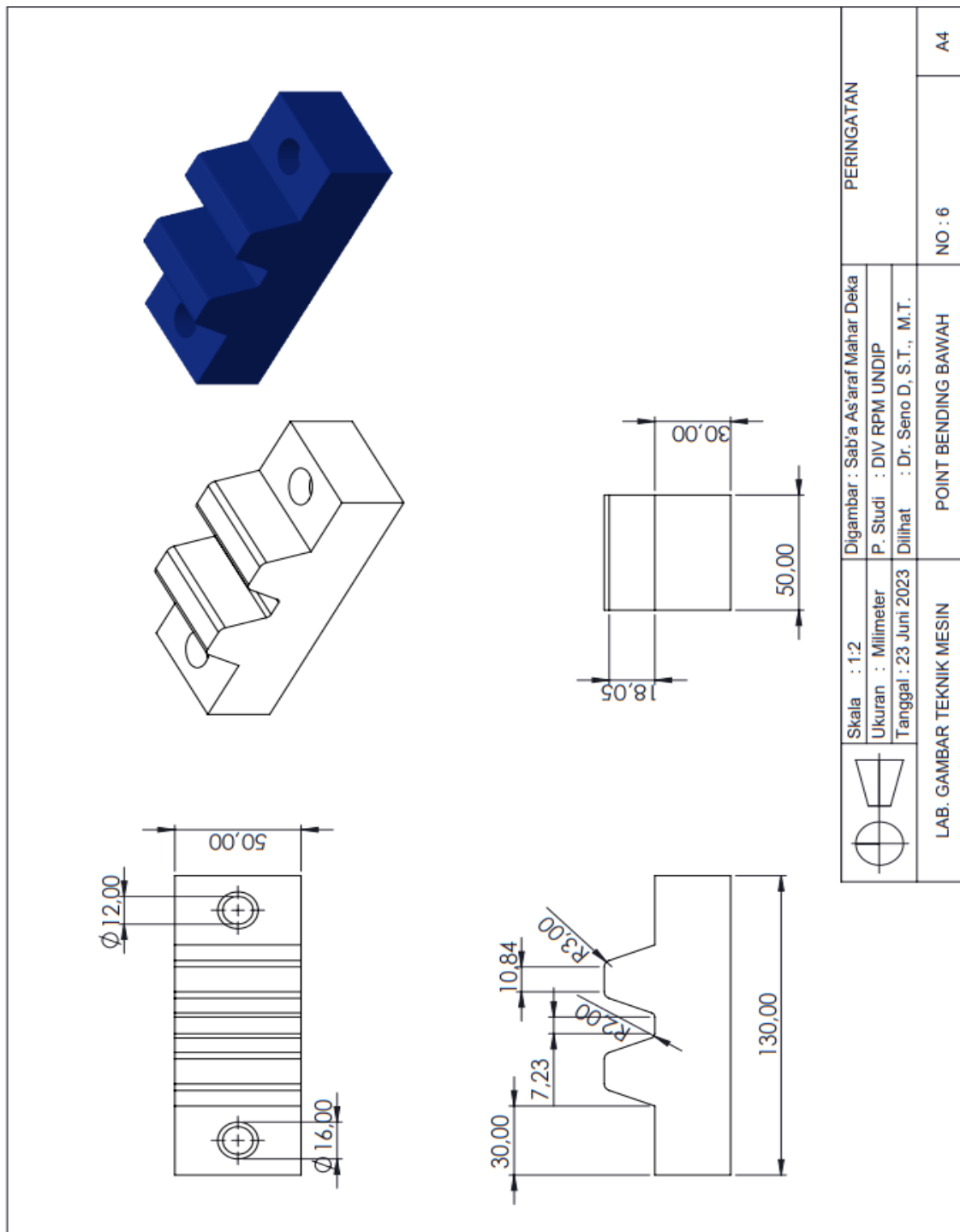
Lampiran 5 Gambar teknik kopel

Sumber : Dokumentasi pribadi



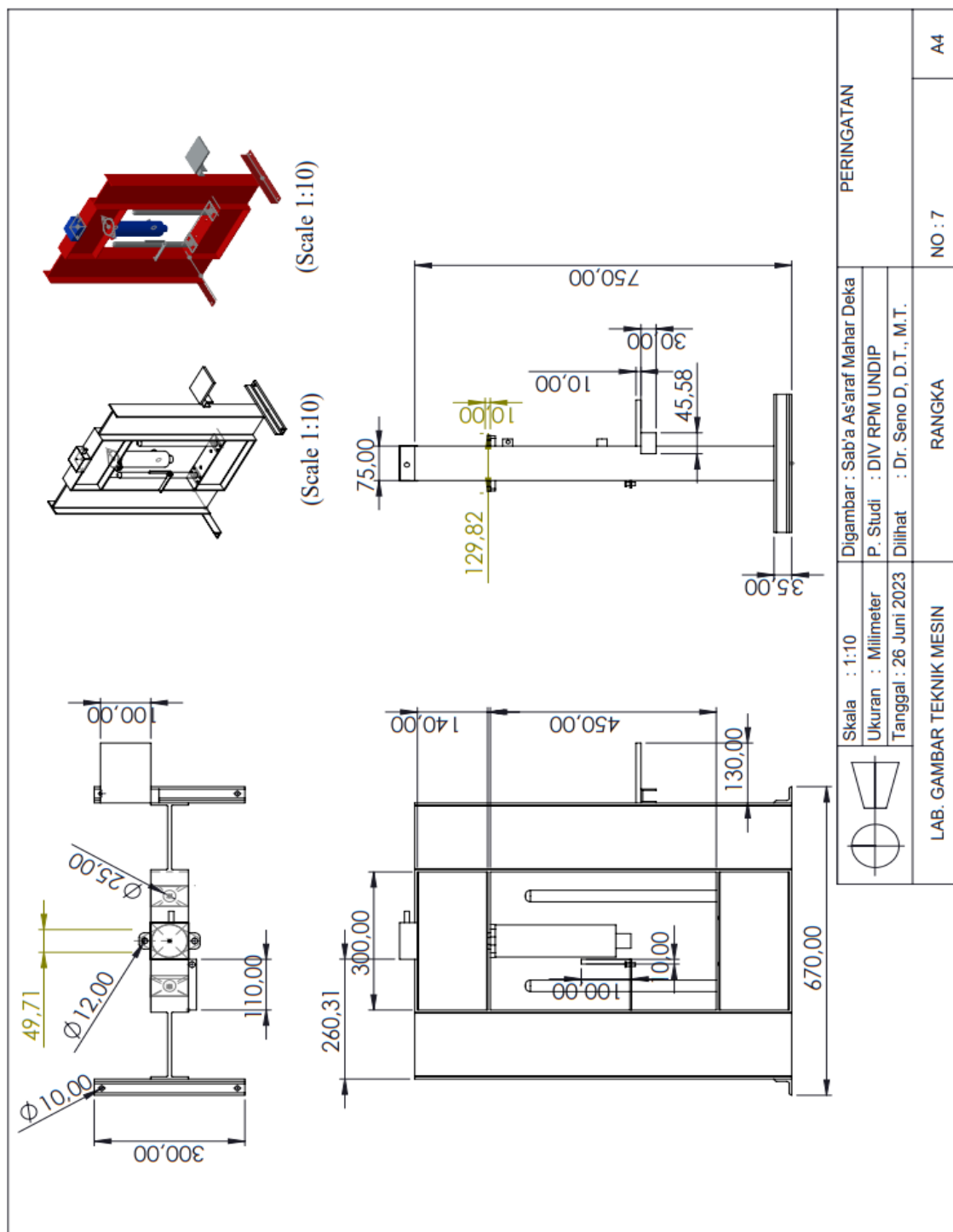
Lampiran 6 Gambar teknik pompa hidrolik

Sumber : Dokumentasi pribadi



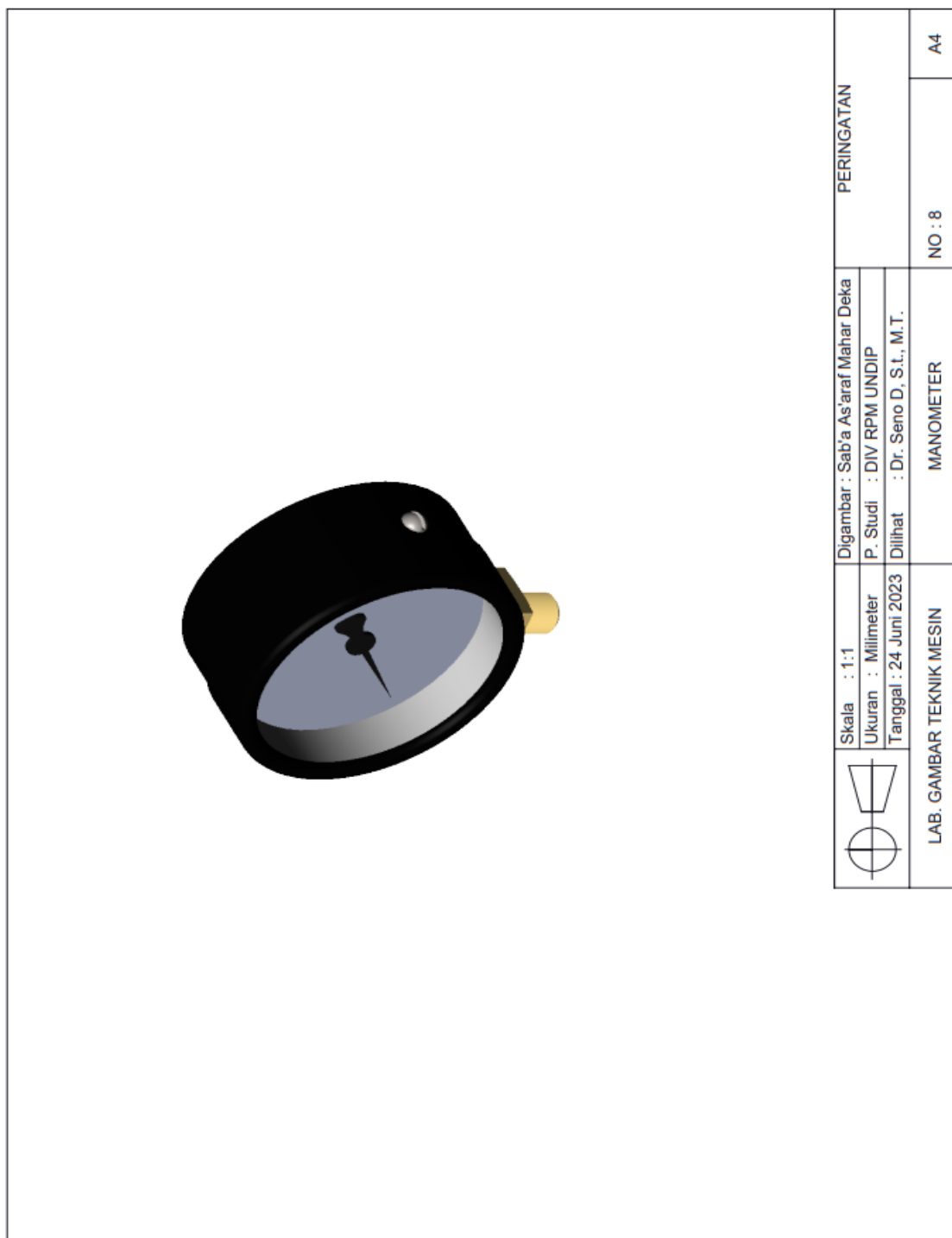
Lampiran 7 Gambar teknik point bending bawah

Sumber : Dokumentasi pribadi



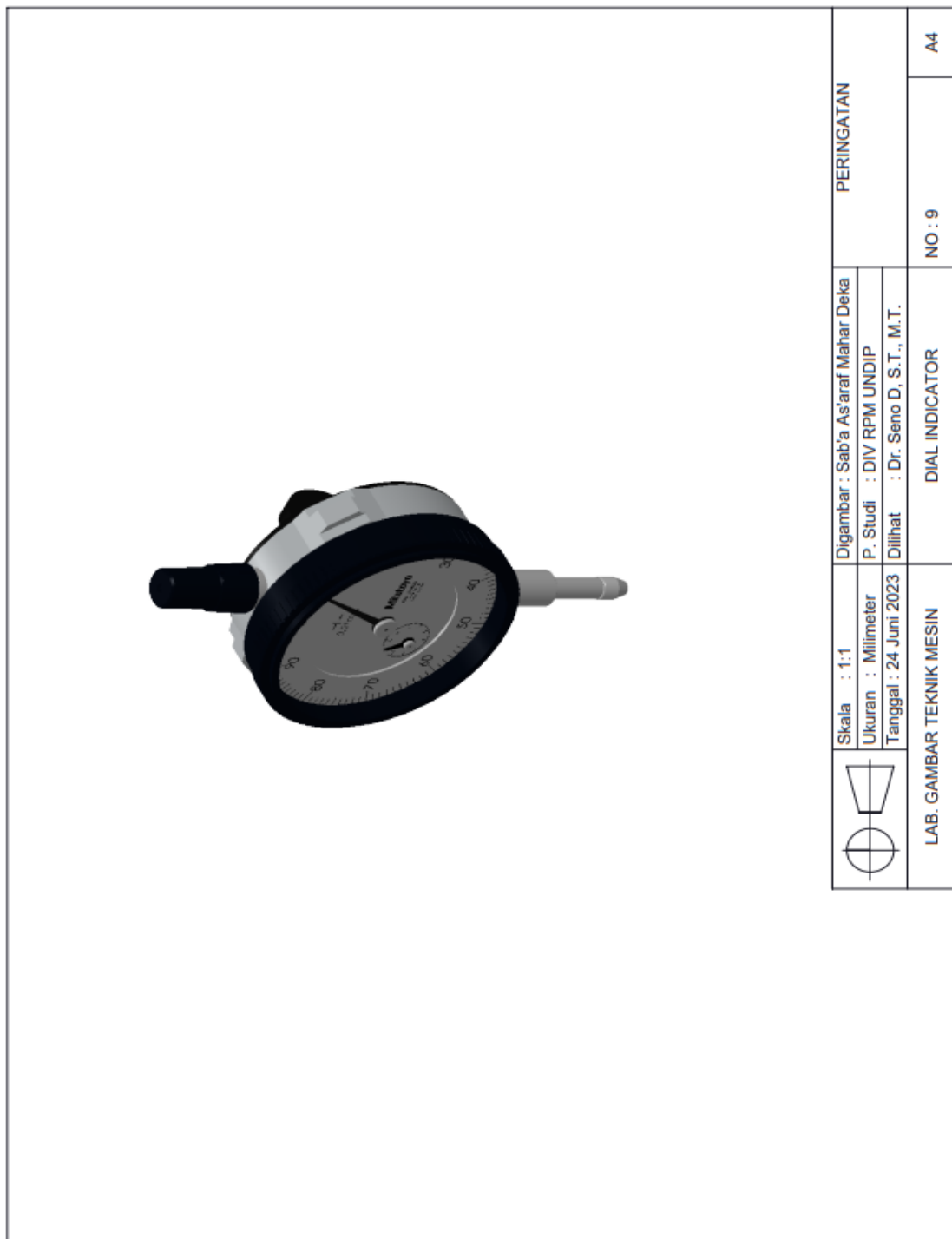
Lampiran 8 Gambar teknik rangka uji bending

Sumber : Dokumentasi pribadi



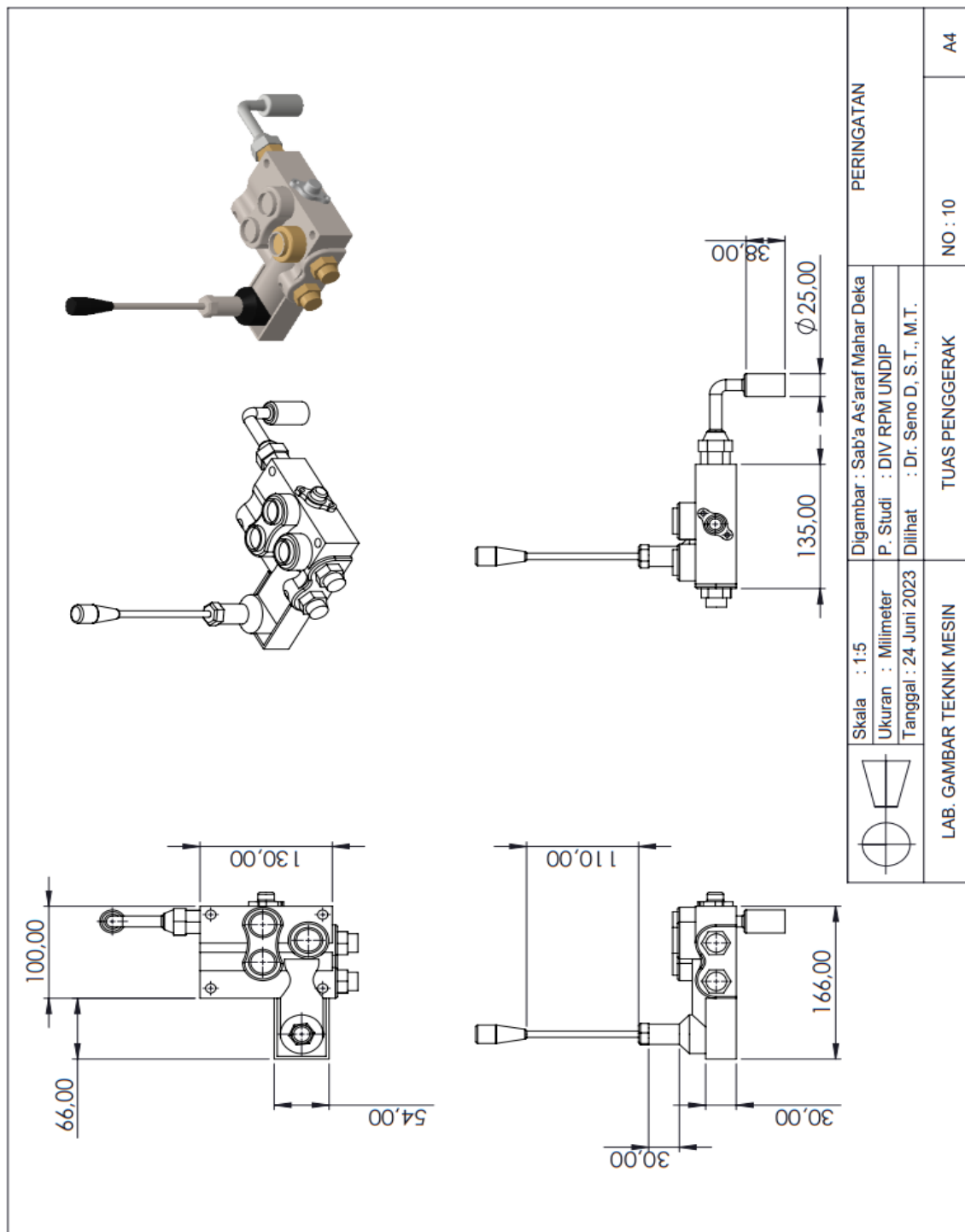
Lampiran 9 Gambar teknik manometer

Sumber : Dokumentasi pribadi



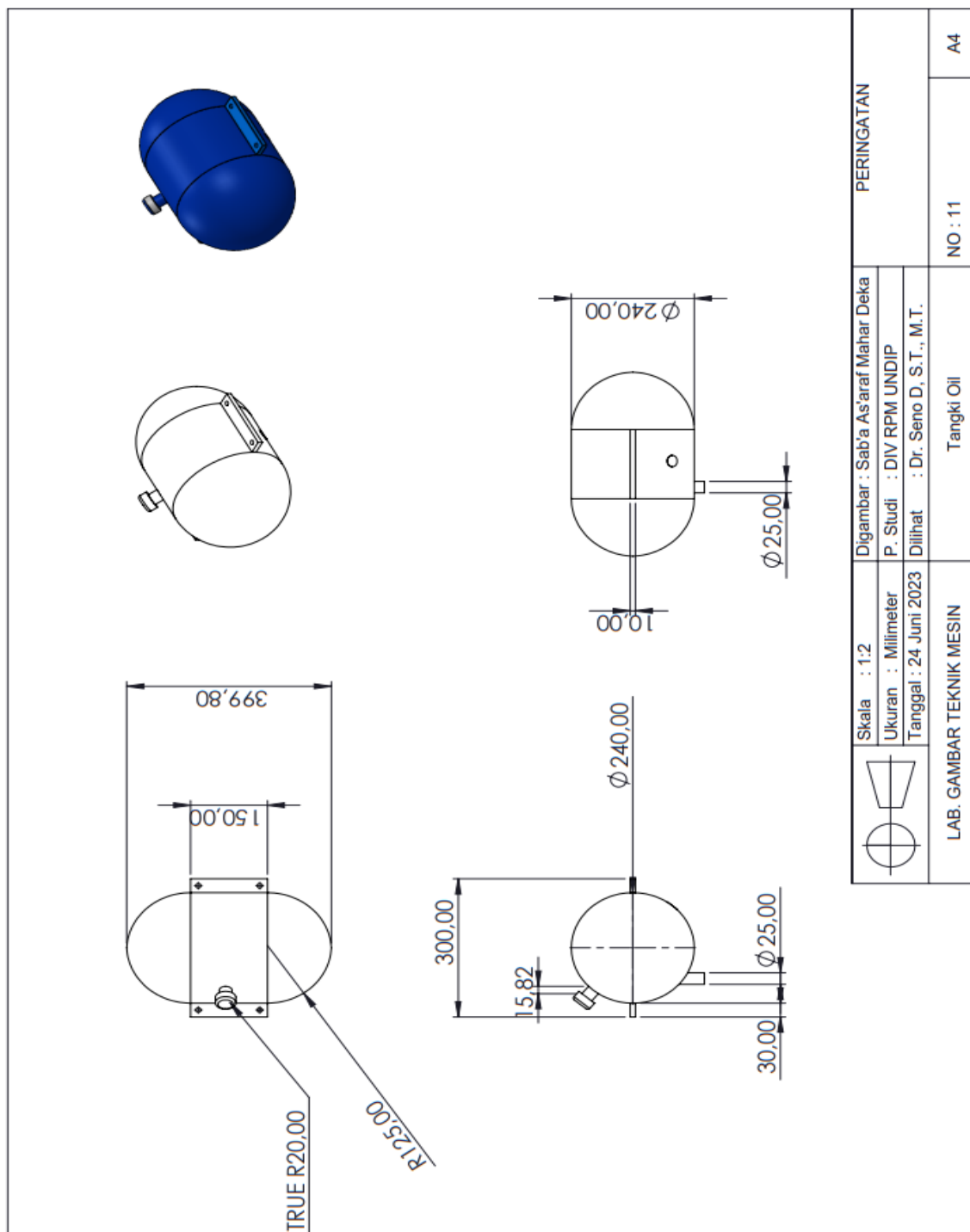
Lampiran 10 Gambar teknik dial indikator

Sumber : Dokumentasi pribadi



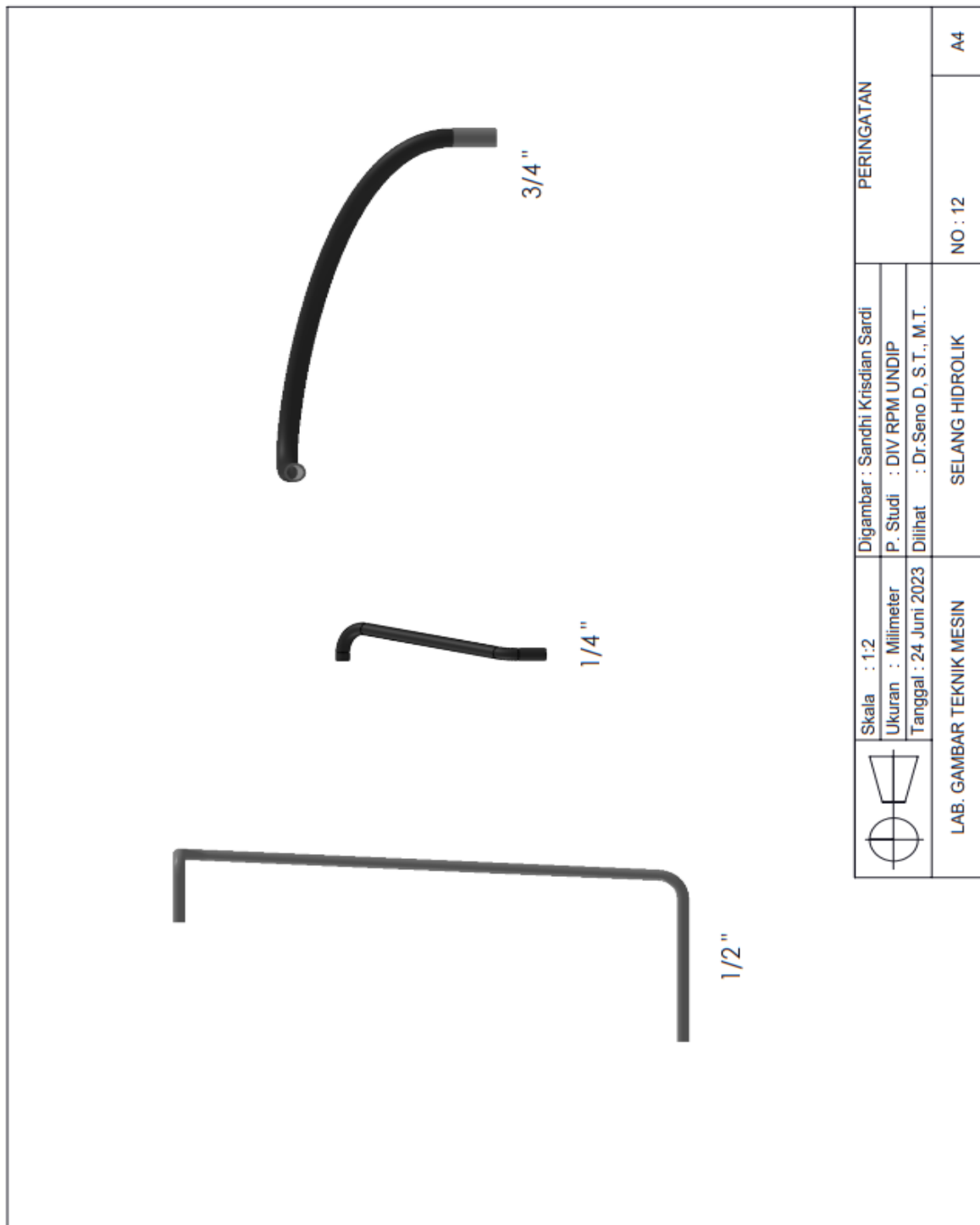
Lampiran 11 Gambar teknik tuas penggerak

Sumber : Dokumentasi pribadi



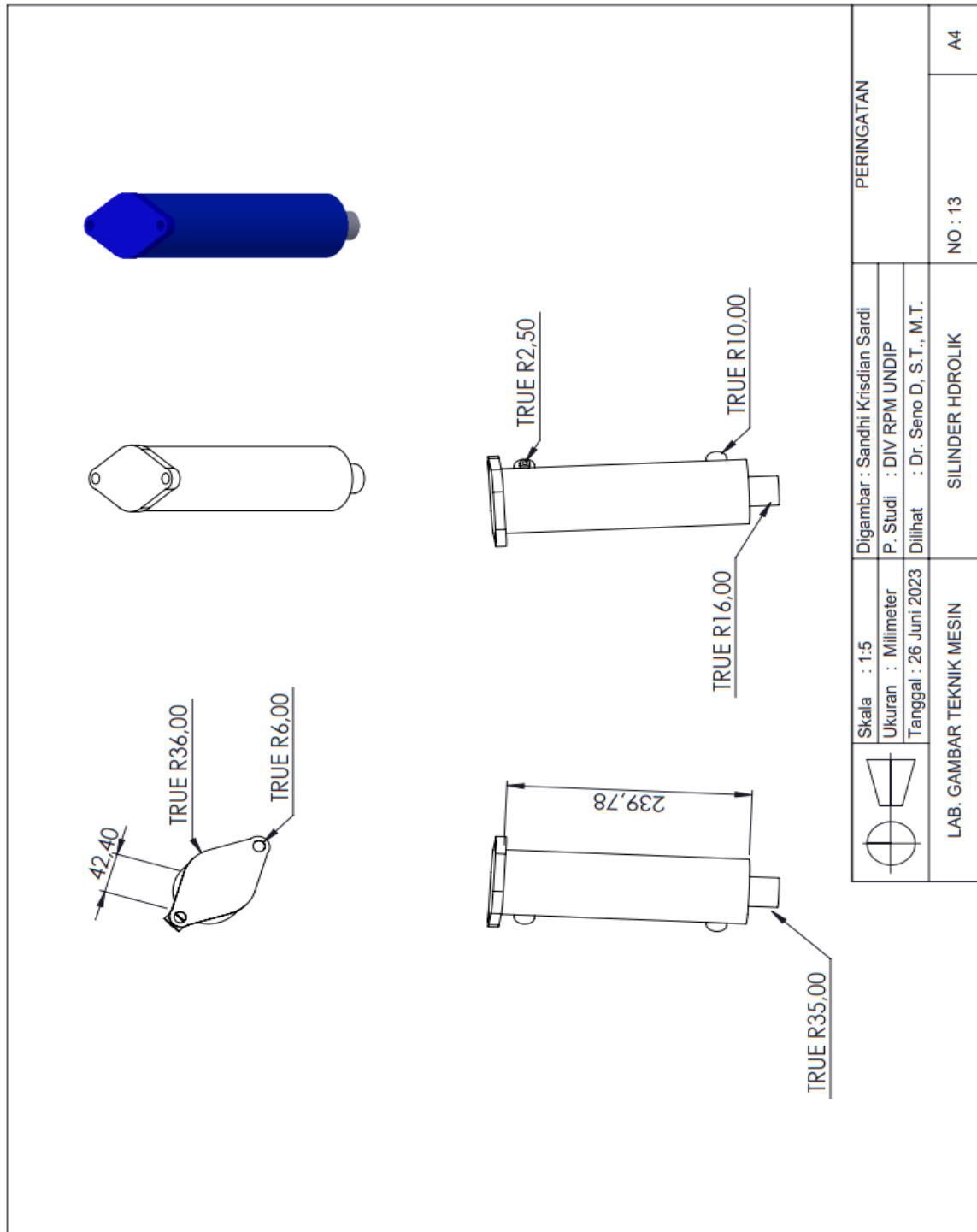
Lampiran 12 Gambar teknik tangki oil

Sumber : Dokumentasi pribadi



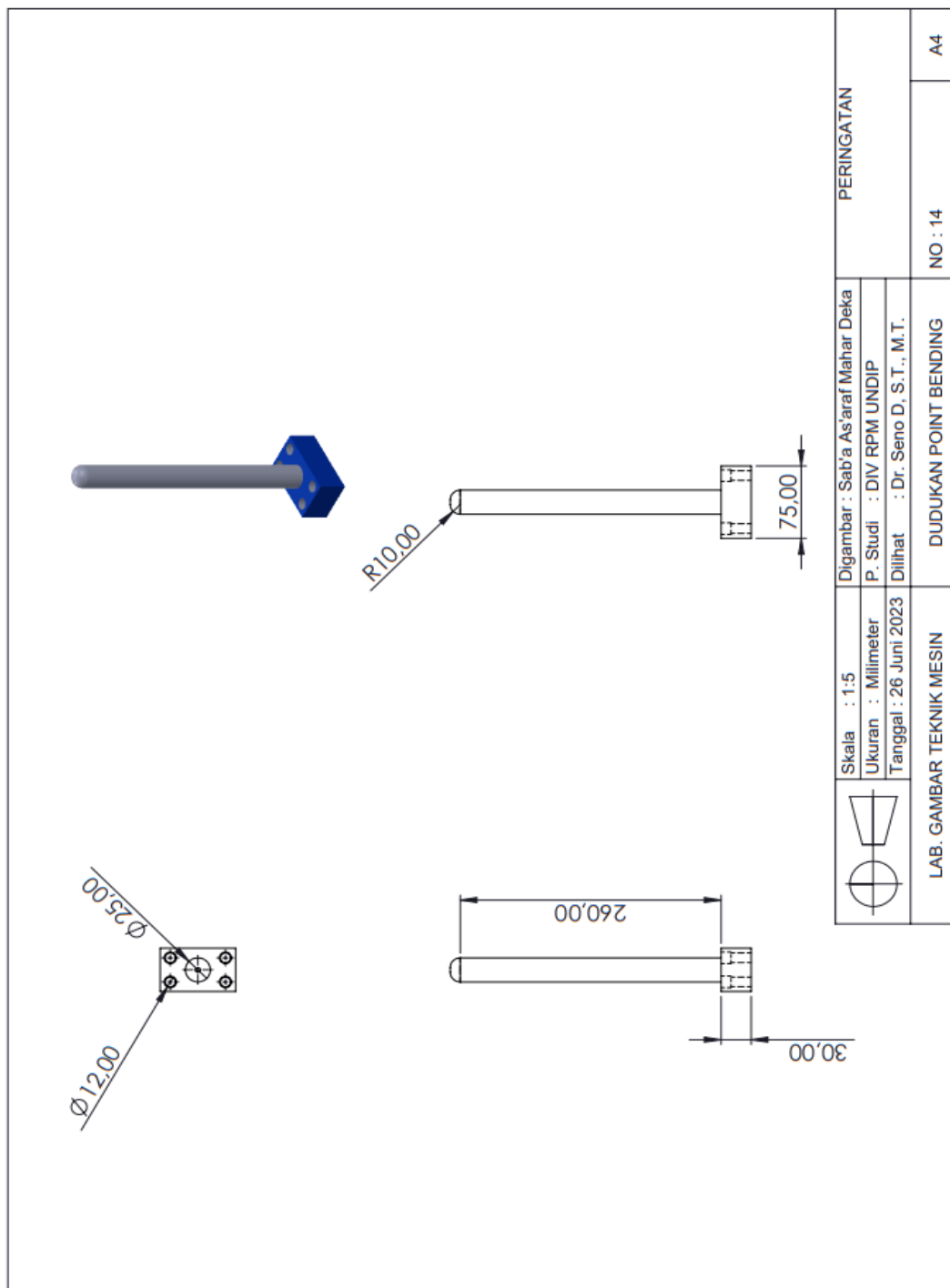
Lampiran 13 Gambar teknik selang hidrolik

Sumber : Dokumentasi pribadi



Lampiran 14 Gambar teknik silinder hidrolik

Sumber : Dokumentasi pribadi



Lampiran 15 Gambar teknik dudukan point bending atas

Sumber : Dokumentasi pribadi



Lampiran 16 Fabrikasi meja stand

Sumber : Dokumentasi pribadi



Lampiran 17 Fabrikasi rangka alat uji bending

Sumber : Dokumentasi pribadi



Lampiran 18 Proses pengecatan

Sumber : Dokumentasi pribadi



Lampiran 19 Pengukuran simpangan pada benda uji

Alarm Jam Stopwatch Pengatur Wak



Lampiran 20 Pengukuran waktu pada saat melakukan pengujian pada spesimen



Lampiran 21 Pengukuran tekanan oil hidrolik saat bekerja

No	Kegiatan	Bulan					
		Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli
1.	Pengajuan judul						
2.	Studi literatur						
3.	Pengajuan proposal						
4.	Persiapan pengujian & spesimen						
5.	Pengujian spesimen						
6.	Analisa hasil pengujian						
7.	Penyusunan laporan						

Lampiran 22 Jadwal realisasi kegiatan

No	Barang	Jumlah Barang	Harga Satuan	Jumlah
1	Pembuatan Meja (Kawat las, Mata Gerinda, Dll)	1	Rp 1.680.000	Rp 1.680.000
2	Cat Avian Biru dan Merah 1,8 L	1	Rp 215.000	Rp 215.000
3	Cat Biru ½ kg	1	Rp 45.000	Rp 45.000
4	Oil Hidrolik 6 liter	1	Rp 180.000	Rp 180.000
5	Tinner	1	Rp 48.000	Rp 48.000
6	Kapasitor	1	Rp 80.000	Rp 80.000
7	Expoxy Propan 1L	1	Rp 100.000	Rp 100.000
8	Expoxy Nippon 250ml	1	Rp 35.000	Rp 35.000
9	Manomater 25 Bar(rusak)	1	Rp 45.000	Rp 45.000
10	Manometer 400bar 6000 psi	1	Rp 145.000	Rp 145.000
11	Seal hidrolik, Spin dan Lem	1	Rp 155.000	Rp 155.000
12	Baut dan Ring	1	Rp 40.000	Rp 40.000
13	Dial indicator	1	Rp 320.000	Rp 320.000
14	Sambungan L dan Tutup tangki	1	Rp 342.000	Rp 342.000
15	Kabel 3 Phase, 1 Phase dan Stop Kontak 3 Phase	1	Rp 150.000	Rp 150.000
16	Spesimen (Besi cor dan Kuningan)	1	Rp 300.000	Rp 300.000
17	Transportasi	1	Rp 350.000	Rp 350.000
18	Jasa Pembuatan	1	Rp 850.000	Rp 850.000
Total				Rp 5.080.000

Lampiran 23 Realisasi anggaran modifikasi alat uji bending