PERANCANGAN ULANG ALAT PENEKUK BEGEL MENGGUNAKAN SISTEM PNEUMATIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama : Ahmad Sukri Lubis
No. Mahasiswa : 12525052
NIRM : 2012050280

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2018

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PERANCANGAN ULANG ALAT PENEKUK BEGEL MENGGUNAKAN SISTEM PNEUMATIK

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Ahmad Sukri Lubis

No. Mahasiswa : 12525052

NIRM : 2012050280

Yogyakarta, 18 Oktober 2018

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Agung Nugroho Adi, S.T., M.T.	Purtojo, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERANCANGAN ULANG ALAT PENEKUK BEGEL MENGGUNAKAN SISTEM PNEUMATIK

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Ahmad Sukri Lubis

No. Mahasiswa : 12525052

NIRM : 2012050280

Tim Penguji

Agung Nugroho Adi, S.T., M.T.
Ketua — Tanggal : 15 November 2018

Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T.
Anggota I — Tanggal : 15 November 2018

Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc.
Anggota II — Tanggal : 14 November 2018

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng, Risdiyono, S.T., M.Eng.

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini saya, Ahmad Sukri Lubis menyatakan tugas akhir dengan judul : "Perancangan Ulang Alat Penekuk Begel Menggunakan Sistem Pneumatik", bahwa dalam skripsi ini merupakan hasil kerja saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, kecuali secara tertulis diacu dalam penulisan skripsi ini dan telah disebutkan sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima hukuman/sanksi apapun sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 07 Oktober 2018

Penulis,

Ahmad Sukri Lubis

NIM. 12525052

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, tiada henti-hentinya penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT. Atas ridhonya, akhirnya penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat serta salam penulis kirimkan kepada Rasulullah, sehingga sampai sekarang indahnya Iman dan Islam masih terasa.

Laporan hasil tugas akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta , Ayah Yusro Lubis dan Ibu Lusfeni yang tidak henti-hentinya memberi dukungan, kasih sayang, kesabaran, dan doa. Kepada Saudara kandung saya Yuni Pertiwi Lubis dan Rahmat Hidayat Lubis serta seluruh keluarga besar atas segalanya motivasi, semangat dan bantuanya.

Vinny Fhiadina Nasution yang banyak membantu dan selalu memberikan semangat, motivasi dalam perjalanan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir serta teman-teman Teknik Mesin 2012 yang selalu mendukung menyemangati penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

HALAMAN MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupanya”

{Al-Baqarah: 286}

“you can run, but you can’t hide”

{Sniper Dota 2}

“everything will be okay in the end. if it’s not okay, it’s not the end”

{John Lennon The Beatles}

KATA PENGANTAR

بِسْـــــــــــــمِ اللهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيْمِ

"*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh"*

Ahamdulillah, segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniahnya sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Tak lupa juga penulis shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta para keluarga, sahabat, dan pengikutnya sampai akhir zaman.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis sudah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Selanjutnya dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar, dan Rasulullah Muhammad S.A.W. yang menjadi teladan dan idola terbaik.
2. Keluarga tercinta Ayah, Ibu, Kakak, Adek yang selalu mendoakan, dan membantu memberikan motivasi dalam menempuh pendidikan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Eng, Risdiyono, S.T., M.Eng. Selaku ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Agung Nugroho Adi, S.T., M.T. Selaku Pembimbing 1 tugas akhir sekaligus Dosen pembimbing akademik yang telah memberikan waktu dan luang untuk membimbing penulis. Sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

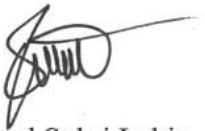
6. Bapak Purtojo, S.T., M.Sc selaku pembimbing dua tugas akhir penulis yang telah memberikan waktu luang untuk membimbing penulis. Sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
7. Seluruh staf pengajar di program studi Teknik Mesin Uii yang telah membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan selama perkuliahan sehingga menambah wawasan akademik penulis.
8. Teman-teman yang banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir (Prahadid Blya Narafuadi, Saga Kusuma Wijaya, Achmad Rahadiyanto, Romly Albarq) terima kasih atas semua bantuanya.
9. Ibu kost Sawojajar, terima kasih atas semua kebaikan dan bantuan kepada penulis selama di Jogja.
10. Untuk teman-teman kost pondok Sawojajar terima kasih atas semuanya dan yang telah banyak berbagi pengalaman selama 1 atap.
11. Teman-teman Teknik Mesin 2012 serta teman lainya yang tidak dapat disebut satu persatu.

Semoga semua bantuan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang sesuai dari Allah SWT. Dalam penyusunan laporan ini penulis telah berusaha sebaik-baiknya. Namun dalam penulisan laporan ini penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan hal-hal yang masih belum sempurna. Karena itu, segala macam kritik dan saran bersifat yang sangat membangun penulis harapkan demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

"Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh"

Yogyakarta, 7Oktober 2018

Penulis,



Ahmad Sukri Lubis

NIM 12525052

PERANCANGAN ULANG ALAT PENEKUK BEGEL MENGGUNAKAN SISTEM PNEUMATIK

Oleh : Ahmad Sukri Lubis

ABSTRAK

Suatu struktur bangunan terdiri dari struktur atas dan bawah. Pada kegiatan pembangunan struktur bawah disebut pondasi. Pengertian dari pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah. Ada bagian lain dari pondasi yang bernama sloof yaitu bagian bangunan yang berada di atas pondasi. Sloof terdiri dari empat tiang besi bulat kemudian dijepit menggunakan ring kotak atau sering disebut begel. Dalam proses pembuatan begel masih banyak menggunakan secara manual, adapun juga telah dirancang bangun alat otomatis pembuat begel menggunakan sistem pneumatik tetapi masih belum yang diharapkan. Maka dari itu mendorong penulis untuk merancang ulang alat pembuat begel otomatis menggunakan sistem pneumatik untuk mengasilkan begel besi bangunan yang lebih baik dari alat sebelumnya, dikarenakan hasil dari alat sebelumnya yang belum mampu membuat lekukan begel presisi dan sudut belum mencapai 90°. Dari hasil pengujian alat yang telah dirancang bangun ulang mampu menghasilkan begel lebih presisi dari material besi yang berbeda maupun ukuran besinya, sudutnya telah mencapai 90°. Kekurangan dari alat yang telah dirancang ulang, sudut hasil pembuatan begel sudah 90° tetapi masih radius begel masih belum konsisten, diharapkan dengan menggunakan konsep perancangan ulang alat yang digunakan dapat memberi contoh agar alat pembuat begel besi bangunan dapat dikembangkan lagi. Perancangan ini belum dilakukan proses otomasi, masih menggunakan operator untuk membuka atau menutup katup pada mekanisme pengumpan, penekuk dan pemotong.

***Kata kunci** : Begel, pneumatik, penekukan, presisi*

REDESIGN OF BRACE BENDING TOOL USING PNEUMATIC SYSTEM

by : Ahmad Sukri Lubis

ABSTRACT

A building structure consists of upper and lower structures. In the construction activities of the lower structure is called foundation. The definition of the foundation is the structure of the lower part of the building that is directly related to the soil. There is another part of the foundation called Sloof which is the part of the building that is above the foundation. Sloof consists of four round metal poles then clamped using a box ring or often called brace. In the process of making brace, there are still many uses manually, while also having designed an automatic begging machine using a pneumatic system but still not expected. Therefore, it encourages the author to redesign the automatic brace maker using a pneumatic system to produce building iron that is better than the previous tool, because of the results of the previous tools that have not been able to make the brace indentation precision and the angle has not reached 90 °. From the results of testing the tools that have been rebuilt are able to produce more precise shapes from different iron materials and iron sizes, the angle has reached 90 °. The disadvantage of the redesigned device is that the angle of the brace making has been 90 ° but still the begel radius is still not consistent, it is hoped that by using the concept of redesigning the tool used, it can provide an example so that the iron brace maker can be developed again. This design has not been carried out in the automation process, it still uses the operator to open or close the valve on the feeder, bending and cutting mechanism.

Keyword : *Brace, pneumatic, bending, precision*

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing ..... **Error! Bookmark not defined.**
Lembar Pengesahan Dosen Penguji ..... **Error! Bookmark not defined.**
Halaman Persembahan v
Halaman Motto vi
Kata Pengantar vii
Abstrak ix
Abstract x
Daftar Isi xi
Daftar Tabel xiii
Daftar Gambar xiv
BAB 1 Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan 2
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan 3
1.6 Sistematika Penulisan 3
Bab 2 Tinjauan Pustaka 4
2.1 Kajian Pustaka 4
2.2 Dasar Teori 7
2.2.1 Sistem Pneumatik 7
2.2.2 Otomasi 7
2.2.3 Hidrolik 8
2.2.4 Bending 8
2.2.5 TORSI 11
Bab 3 Metode Penelitian 13
3.1 Alur Penelitian 13
3.2 Survei Alat 14
3.3 Identifikasi Masalah 15

3.4 Kriteria Desain 16
3.4.1 Kriteria Konsep 16
3.4.2 Kriteria fungsi 16
3.5 Konsep perancangan 16
3.5.1 Konsep Perancangan 1 16
3.6 Tahapan Kedua 17
3.6.1 Konsep Perancangan 2 17
3.7 Tahapan Ketiga 18
3.7.1 Konsep perancangan 3 18
3.8 Peralatan dan Bahan 20
3.8.1 Silinder Pneumatik 20
3.8.2 Kompresor 20
3.8.3 Regulator 21
3.8.4 Katup Pneumatik 21
3.8.5 Selang 22
3.8.6 Gir dan Rantai 23
3.8.7 Pillow Block 24
3.8.8 Poros Penekuk 24
3.8.9 Pegas 25
3.9 Analisa Pemilihan Roda Gigi 25
3.10 Proses Pembuatan 27
Bab 4 Hasil dan Pembahasan 28
4.1 Langkah Kerja Alat Penekuk Konsep Baru 31
4.2 Hasil Pengujian 32
4.3 Pembahasan 33
4.4 Identifikasi Masalah yang Masih dihadapi 34
4.5 Rekomendasi Penyelesaian Masalah 37
Bab 5 Penutup 38
5.1 Kesimpulan 38
5.2 Saran 38
Daftar Pustaka 40

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Standar batang baja tulangan ASTM 6
Tabel 4-1 Langkah kerja alat konsep baru..... 31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik tegangan regangan dibengkokan 90º 6
Gambar 2.2 Gambar singkat uji tarik 9
Gambar 2.3 Grafik pengujian tarik 10
Gambar 2.4 Tegangan versus regangan batang tulangan baja 11
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian 13
Gambar 3.2 Konsep pertama 17
Gambar 3.3 Konsep kedua 18
Gambar 3.4 Konsep ketiga (tampak samping) 19
Gambar 3.5 Konsep ketiga (tampak atas) 19
Gambar 3.6 Konsep ketiga (tampak bawah) 19
Gambar 3.7 Silinder pneumatik 20
Gambar 3.8 Kompresor 21
Gambar 3.9 Regulator 21
Gambar 3.10 Lambang katup 5/2 22
Gambar 3.11 Katup 5/2 22
Gambar 3.12 Selang 23
Gambar 3.13 Rantai 23
Gambar 3.14 *Pillow block* 24
Gambar 3.15 Poros penekuk 24
Gambar 3.16 Pegas 25
Gambar 4.1 Hasil alat (tampak bawah) 28
Gambar 4.2 Hasil alat (tampak atas) 29
Gambar 4.3 Gambar keseluruhan alat 29
Gambar 4.4 Bagian-bagian alat 30
Gambar 4.5 Langkah saat pemotong 32
Gambar 4.6 Hasil pengujian 32
Gambar 4.7 Hasil dalam lima kali percobaan 33
Gambar 4.8 Begel peertama 34
Gambar 4.9 Begel kedua 35
Gambar 4.10 Begel ketiga 35

Gambar 4.11 Begel toko pertama 36
Gambar 4.12 Begel toko kedua 37

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu struktur bangunan terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur bangunan membutuhkan pondasi yang kuat dan kokoh sebagai pendukung konstruksi struktur bagian atas. Adapun pada kegiatan pembangunan di struktur bawah disebut pondasi. Pengertian umum dari pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan di atasnya.

Pondasi merupakan suatu komponen utama sebuah struktur yang terletak di dasar suatu bangunan. Ada bagian lain dari pondasi yang bernama *sloof* yaitu bagian bangunan yang berada di atas pondasi. *Sloof* merupakaan kontruksi beton bertulang untuk mengikat pondasi. *Sloof* terdiri dari empat tiang besi bulat kemudian dijepit menggunakan ring kotak atau sering disebut begel.

Proses pembuatan begel hingga saat ini masih banyak menggunakan cara menekuk secara manual. Dalam hal ini manual diartikan menggunakan tenaga manusia untuk menekuk besi. Dengan kata lain dari segi efisiensinya sangat kurang, serta dalam segi hasil tekukan belum mencapai 90°. Pengerjaan yang dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia secara berulang-ulang, menjadikan penyebab dari ketidakmaksimalan hasil tekukan. Sebelumnya alat otomatis penekuk begel besi bangunan telah dibuat oleh (Asad, 2016) dan (Aji, 2016), tetapi alat belum bekerja dengan baik. Artinya, hasil dari alat yang sebelumnya ditemukan sudut tekukan belum mencapai 90° yang belum memenuhi kriteria dari begel, yang mengakibatkan bentuk begel belum presisi.

Maka dilakukanlah perancangan ulang alat penekuk besi agar lebih efektif dan lebih baik. Berdasarkan hal tersebut maka sangat perlu membuat suatu alat yang mampu menekuk begel besi yang lebih presisi dari alat sebelumnya. Untuk sistem pendorong dilakukan oleh (Maulana, 2018) dan bagian Pemotong di lakukan oleh (Arismanto, 2018).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkaan latar belakang di atas dapat diambil suatu rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana metode untuk menekuk begel dengan material besi berdiameter 4 mm ?
2. Bagaimana cara menganalisa mekanisme penekuk yang digunakan ?
3. Bagaimana cara membuat sistem pneumatik untuk menggerakan mekanisme penekuk ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada perancangan ini,yaaitu hal-hal yang meliputi :

1. Hanya membahas pada bagian penekuk besi.
2. Benda uji menggunakan batang besi berdiameter 4 mm.
3. Dimensi ukuran begel 10 x 10 cm.
4. Pengoperasian alat masih membutuhkan operator untuk membuka dan menutup katup dari penekuk.
5. Tekanan yang digunakan aktuator 3-6 bar
6. Menggunakan sistem pneumatik.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan perancaangan ini adalah :

1. Memperbaiki penekuk begel pada alat pembuat begel sebelumnya sehingga menekuk besi berdiameter 4 mm
2. Menentukan alat penekuk begel dengan sistem peneumatik pada batang besi berdiameter 4 mm dengan dimensi 10 x 10 cm.
3. Menganalisa mekanisme penekuk yang digunakan.
4. Membuat sistem pneumatik untuk menggerakan mekanisme penekuk.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat perancangan adalah :

1. Mendapatkan hasil begel yang lebih presisi.
2. Menghasilkan alat penekuk dengan jangka waktu penggunaan yang lama.
3. Membantu pekerja dalam hal waktu dan tenaga, karena pengerjaan diganti oleh mesin yang dirancang.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun secara sistematis agar mempermudah pembahasanya. Penulisan tugas akhir ini didapatkan sebagai berikut.

Bab I PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi kajian pustaka dan menjelaskan dasar teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

Bab III METROLOGI PENELITIAAN

Bagian ini menjelaskaan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan metode penelitian yang dilakukan.

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi tentang hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

Bab V PENUTUP

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan serta saran-saran untuk penelitiaan selanjutnya.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam proses pembuatan begel selama ini masih banyak dikerjakan secara manual. Seiring dengan perkembangan teknologi maka dibutuhkannya alat yang dapat membantu membuat begel secara otomatis agar membantu dalam peningkatan kualitas dan produktivitas, salah satunya dengan sistem pneumatik. Tidak hanya dengan menggunakan sistem pneumatik saja, ada banyak cara untuk melakukan penekukan, salah satunya dengan menggunakan sistem *press*.

Sistem *press* dalam Perancangan dan pembuatan *curling dies* bertujuan untuk penekukan plat engsel tipe *butt*. Adapun proses dari penekukan (*bending*) bertujuan agar plat hasil pemotong dibentuk untuk pemasangan pin penghubung antara kedua bagian dari engsel dalam suatu penekukan melingkar. Sistem *press* biasanya dilakukan dengan dua langkah kerja yaitu dengan penekukan 90º atau setengah lingkaran kemudian dilanjutkan dengan penekanan sampai berbentuk melingkar. Hal ini juga dijelaskan berdasarkan penelitian dari (Burhanudin, 2013) yang mengharapkan penekuk otomatis dapat membantu dalam usaha peningkatan kualitas dan mengurangi waktu produksi.

Alat pembuat begel yang dirancang oleh (Asad, 2016) dan (Aji, 2016) cara kerja alat untuk menekuk besi cor 3 mm menggunakan plat besi ukuran 50 mm x 70 mm dengan ketebalan 50 mm, pada proses penekuk plat yang dipasangkan di ujung silinder pneumatik mendorong besi hingga bengkok. Untuk sistem pemotong bagian ujung silender pneumatik menggunakan material plat besi ukuran 50 x 150 mm dengan ketebalan 40 mm untuk penampang dan untuk ketebalan pisau 60 mm, diabagian plat besi diberi jalur seperti lubang agar saat kebawah pemootonganya turun ke spesimen.

Metode lainnya dapat dilihat pada perancangan penekuk pipa yang dilakukan dengan cara ditekan dan digulung untuk membentuk radius pipa, diharapakan dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas dalam industri mesin. Terutama pada industri pagar, kanopi, dan industri besi lainnya. Mesin penekuk

pipa dilakukan oleh tenaga manusia yang dioperasikan dengan menggunakan tangan, maka daya atau energi diteruskan melalui rantai *sprocket* pada *roller*. Metode yang digunakan untuk membuat mesin penekuk pipa melalui tahap observasi, perancangan, produksi, perakitan, dan pengujian(Armanto, Tjahjono, Zuniam, & Amrizal, 2015).

Penelitian dari (Subagio, 2006) telah berhasil rancang bangun mesin penekuk mini, dimensi dari mesin penekuk mini memiliki panjang 656 mm lebar 180 mm dan tinggi 166 mm. Komponen mesin yang dihitung adalah komponen yang kritis yaitu memiliki beban langsung, diantaranya plat penekuk 10 mm, poros penekuk 18 mm dan plat penjepit 10 mm. Mesin penekuk plat dibuat sebagai pelengkap untuk menunjang dalam proses produksi plat berdasarkan kebutuhan. Mesin penekuk mini dari penelitian ini menunjukan keberhasilan pada perancangan yang terdiri dari perhitungan, gaya-gaya yang terjadi pada beberapa komponen penting serta perhitungan untuk menentukan dimensi dari material yang akan digunakan untuk merancang mesin.

Dari beberapa metode yang telah penulis ulas pada paragraf-paragraf sebelumnya, penulis banyak menerapkan tahapan-tahapan dalam merancang mesin penekuk begel yang menggunakan sistem pneumatik. Tentunya tahapan-tahapan yang penulis terapkan pada mesin penekuk begel berpedoman pada penelitian yang masih berkaitan dengan penekukan.

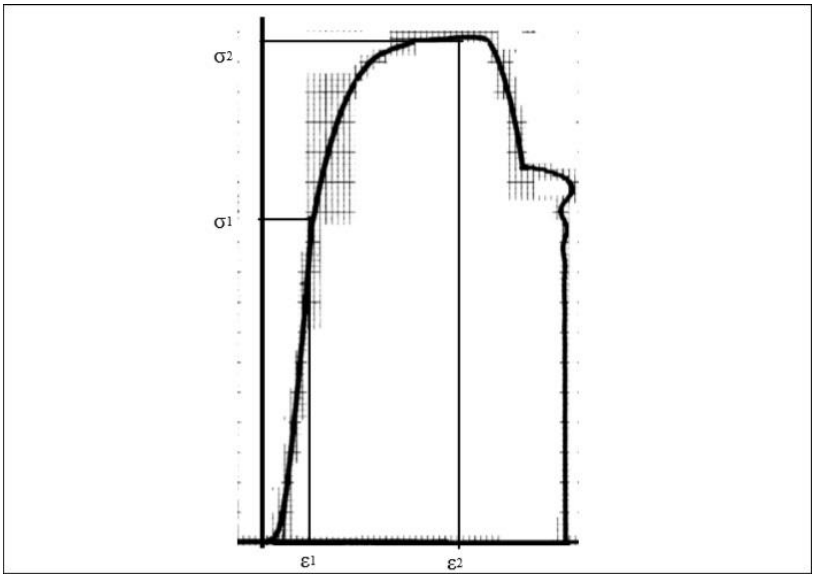
Adapun hubungan proses penekukan dengan perubahan bentuk dari material bisa menggunakan pengujian uji tarik untuk mengetahui sifat mekanik, Penelitian yang dilakukan (Salindeho, Soukotta, & Poeng, 2013). Uji tarik yaitu pemberian gaya tarik terhadap material untuk mengetahui kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan material secara terus menerus, sehingga perpanjangan yang terjadi terus menerus sampai material putus. *American Society for Testing and Material* (ASTM) menggolongkan batang tulangan baja dengan memberikan nomor, dari #3 s.d. #18 sesuai dengan spesifikasi diameter, luas penampang dan berat tiap satuan panjang seperti dalam Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Standar batang baja tulangan ASTM

(Sumber : Budi Gatot Setya, 2013)

Nomor batang	Diameter Minimal		Luas nominal		Berat nominal
	(Inch)	(mm)	($inch^2$)	(mm^2)	(kg/m)
#3	0,375	9,500	0,110	71,000	0,559
#4	0,500	12,700	0,200	129,000	0,994
#5	0,625	15,900	0,310	200,000	1,552
#6	0,750	19,100	0,440	284,000	2,235
#7	0,875	22,200	0,600	387,000	3,041
#8	1,000	25,400	0,790	510,000	3,973
#9	1,128	28,700	1,000	645,000	5,059
#10	1,270	32,300	1,270	819,000	6,403
#11	1,410	35,800	1,560	1006,000	7,906
#14	1,693	43,000	2,250	1452,000	11,380
#18	2,257	57,300	4,000	2581,000	20,240

Grafik tegangan regangan hasil pengujian tulangan yang dibengkokan 90º dapat dilihat padaGambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik tegangan regangan dibengkokan 90º

(Sumber : Budi Gatot Setya, 2013)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Pneumatik

Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan yang memanfaatkan tekanan udara yang akan menghasilkan efek pergerakan mekanis. Pneumatik berasal dari bahasa Yunani, yaitu ‘pneuma yang mengartikan “napas” atau “udara”, jadi istilah dari pneumatik berada pada ranah teknik penggunaan udara bertekanan. Selama ini penggunaan tekanan udara tidak hanya untuk keperluan sederhana seperti menambah tekanan udara pada ban mobil atau motor, melepaskan ban mobil dari peleknya, mengisi angin pada bola, namun sudah dapat digunakan untuk keperluan sistem gerak otomatis.(Wirawan & Poedjiono, 2017). Sistem gerak otomatis dapat menggantikan pekerjaan manusia, seperti saat mengangkat, menggeser, menekan, memutar yang pada dasarnya diperlukan pada proses produksi/manufaktur.

2.2.2 Otomasi

Otomasi adalah teknologi yang dapat melakukan serangkaian proses berbasis otomatis tanpa adanya bantuan manusia. Hal ini diimplementasikan dengan menggunakan program instruksi yang dikombinasikan dengan sistem kontrol (Hakim, 2017). Dalam otomatisasi, daya adalah sebuah unsur yang dibutuhkan untuk mendorong proses pada saat mengoperasikan program dan sistem kontrol.

Secara umum, sistem otomasi dapat didefinisikan sebagai integrasi dari mekanika, sistem kelistrikan, dan sistem komputer yang dapat menggantikan peran manusia dalam suatu pengerjaan. Otomasi mampu mengerjakan pekerjaan atau kegiatan manusia yang dilakukan secara manual secara berulang-ulang secara otomatis. Penerapan teknologi otomasi telah digunakan dalam dunia industri guna meningkatkan akurasi, presisi, dan produktivitas dari suatu proses industri, yang ditandai dengan terjadinya peningkatan jumlah dan kualitas keluaran yang dihasilkan. Sehingga ada beberapa pendekatan yang digunakan dalam penerapan sistem otomasi.

2.2.3 Hidrolik

Awal abad dua puluh menjadi saksi munculnya era modern dari gaya fluida dengan sistem hidrolik yang menggantikan sistem elektrik, dimana sistem elektrik telah digunakan sebagai alat untuk mengelevasikan dan mengontrol senjata pada kapal perang USS Virginia. Aplikasi ini menggunakan oli sebagai pengganti air.

Sistem hidrolik merupakan penggunakan fluida cair sebagai sistem penerusan daya. Jenis fluida yang sering digunakan adalah jenis minyak mineral. Fluida memiliki prinsip dasar yakni memanfaatkan sifat bahwa sifat zat cair tidak mempunyai bentuk yang tetap, zat cair akan mengisi ruangan yang mewadahinya. Zat cair bersifat *incompresible*, artinya aliran densitas fluidanya berubah didalam medan aliran, misalnya aliran udara.

Sistem hidrolik biasanya diaplikasikan untuk memperoleh gaya yang lebih besar dari gaya awal yang dikeluarkan. Fluida penghantar ini dinaikkan tekanannya oleh pompa yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur maupun naik dan turun sesuai dengan pemasangan silinder yaitu arah horizontal maupun vertikal (Dewanto & Irmawati, 2013).

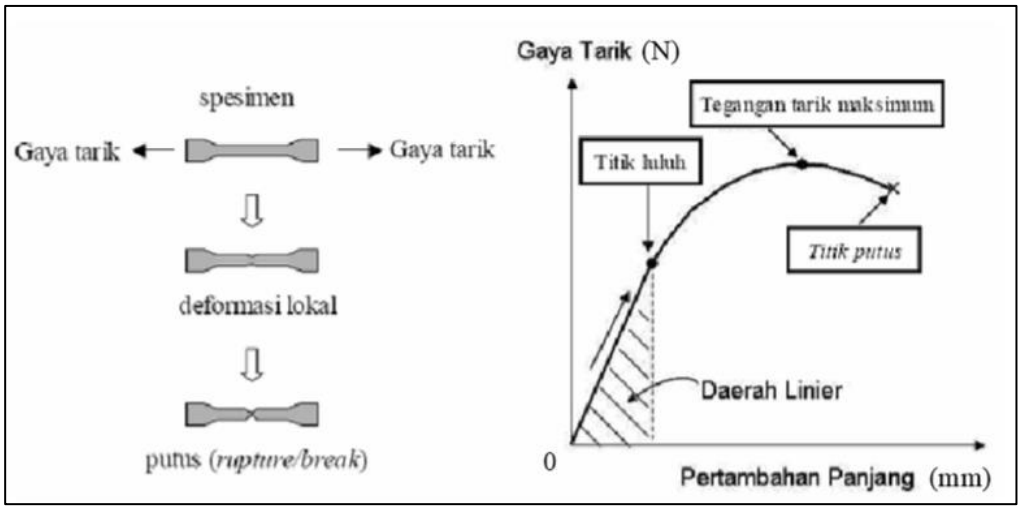
2.2.4 Bending

Bending adalah proses deformasi plastik dari logam terhadap sumbu linier dengan sedikit atau hampir tidak mengalami perubahan luas permukaan. Sepotong besi dapat dibending dengan menggunakan mesin pres. Proses bending ini biasanya memakai *die* berbentuk pola V, U, W atau pola lainnya.

Proses bending menyebabkan logam yang berada pada sisi luar sumbu netral mengalami tarikan, sedangkan pada sisi lainnya mengalami tekanan. Berdasarkan hasil yang diperoleh Son dapat disimpulkan bahwa waktu rata-rata pembuatan sengkang menggunakan cara konvensional lebih lama dibandingkan dengan waktu yang diperoleh menggunakan metode yang telah dikembangkan (Son, 2014).

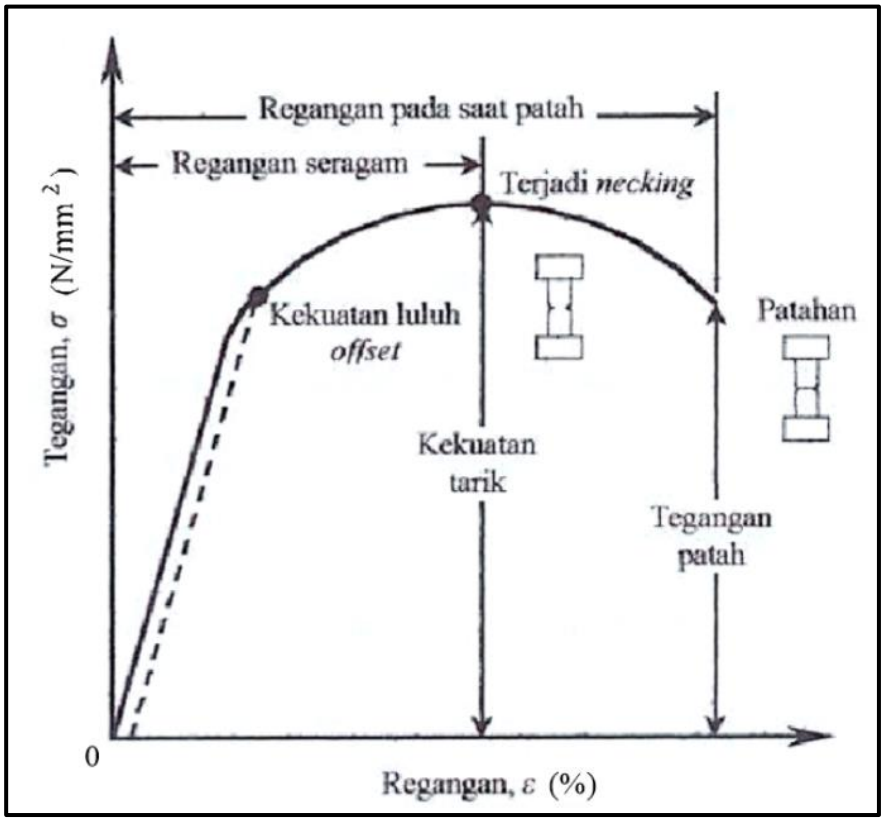
Maksud dari Metode pembuatan alat secara konvensional dan alat yang telah dikembangkan adalah sebagai berikut, alat konvensional menggunakan cara manual, pembuatan sengkang dengan cara manual dilakukan atas 3 tahapan proses, yaitu pembuatan meja kerja untuk pembuatan sengkang, pemotongan besi sesuai ukuran sengkang dan pembuatan sengkang. Dari ketiga langkah tersebut didapatkan hasil berupa waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan sebuah begel. Sedangkan apabila menggunakan teknik yang telah dikembangkan dijelaskan dengan komponen mekanik dari alat *bending* yang terdiri dari meja *bending*, besi tumpuan, tongkat *bending*, gunting potong, dan dudukan meja kerja serta komponen-komponen pendukung lainnya.

Observasi dan hasil pengujian membuktikan bahwa pembuatan begel menggunakan alat *bending* yang dikembangkan memiliki waktu pengerjaan yang lebih kecil dibandingkan pembuatan menggunakan alat konvensional (Son, 2014). Untuk melihat gambar singkat uji tarik dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Gambar singkat uji tarik

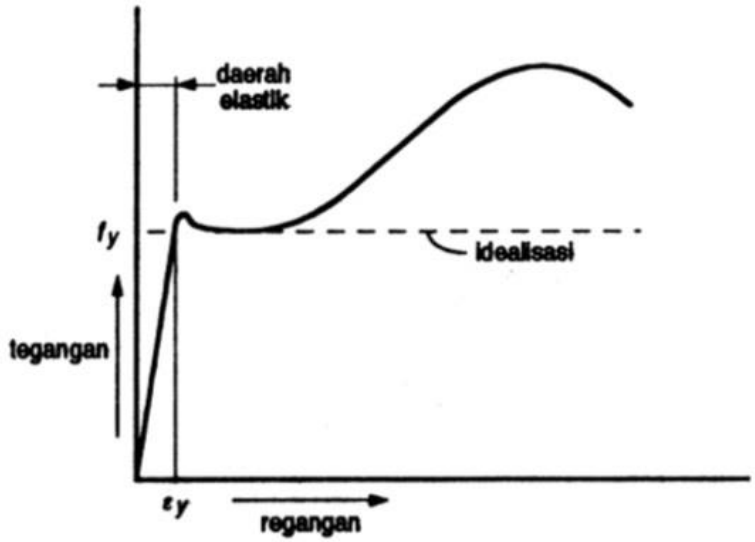
(Sumber : Salindeho Robert Denti, Soukota Jan, Poeng Rudy, 2013)



Gambar 2.3 Grafik pengujian tarik

(Sumber : Salindeho Robert Denti, Soukota Jan, Poeng Rudy, 2013)

Dalam penelitian yang dilakukan (Budi, 2013), baja tulangan beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak, untuk itu agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama yang akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang akan timbul didalam sistem. Sifat fisik batang tulangan baja yang paling penting digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang ialah f_y (tegangan luluh) dan E_y (modulus elastisitas).



Gambar 2.4 Tegangan versus regangan batang tulangan baja

(Sumber : Budi Gatot Setya, 2013)

Modulus elastisitas baja tulangan ditentukan berdasarkan kemiringan awal kurva tegangan-regangan di daerah elastis dimana antara mutu baja yang satu dengan lainnya tidak memiliki banyak variasi. Ketentuan SK SNI T-15-1991-03 menetapkan bahwa nilai modulus elastis baja adalah 200.000 MPa.

2.2.5 TORSI

Torsi ialah keefektifan sebuah gaya yang bekerja pada suatu benda untuk memutar benda tersebut terhadap suatu titik poros. Torsi sama dengan gaya gerak translasi (gerak dengan lintasan lurus), kemampuan dari torsi menunjukan gaya untuk membuat benda melakukan gerak rotasi. Hasil kali antara gaya dan lengan gaya dikenal dengan torsi atau moment gaya (Jumini & Muhlisoh, 2013).

Contoh konsep ada gerak rotasi, sesuatu yang menyebabkan benda untuk berotasi atau berputar disebut momen gaya atau torsi. Konsep momen gaya atau torsi dapat dilihat pada saat kita melepaskan mur baut dengan menggunakan kunci pas atau kunci inggris. Momen gaya merupakan besaran yang dipengaruhi oleh gaya dan lengan kuasa atau lengan torsi (lengan kunci pas). Lengan torsi

sebuah gaya didefinisikan sebagai panjang garis yang ditarik di titik sumbu rotasi sampai memotong tegak lurus garis kerja gaya. Secara matematis dituliskan :

$$T = F \times r \text{ (N.m)}$$

Dimana:

T = Torsi benda berputar (N.m)

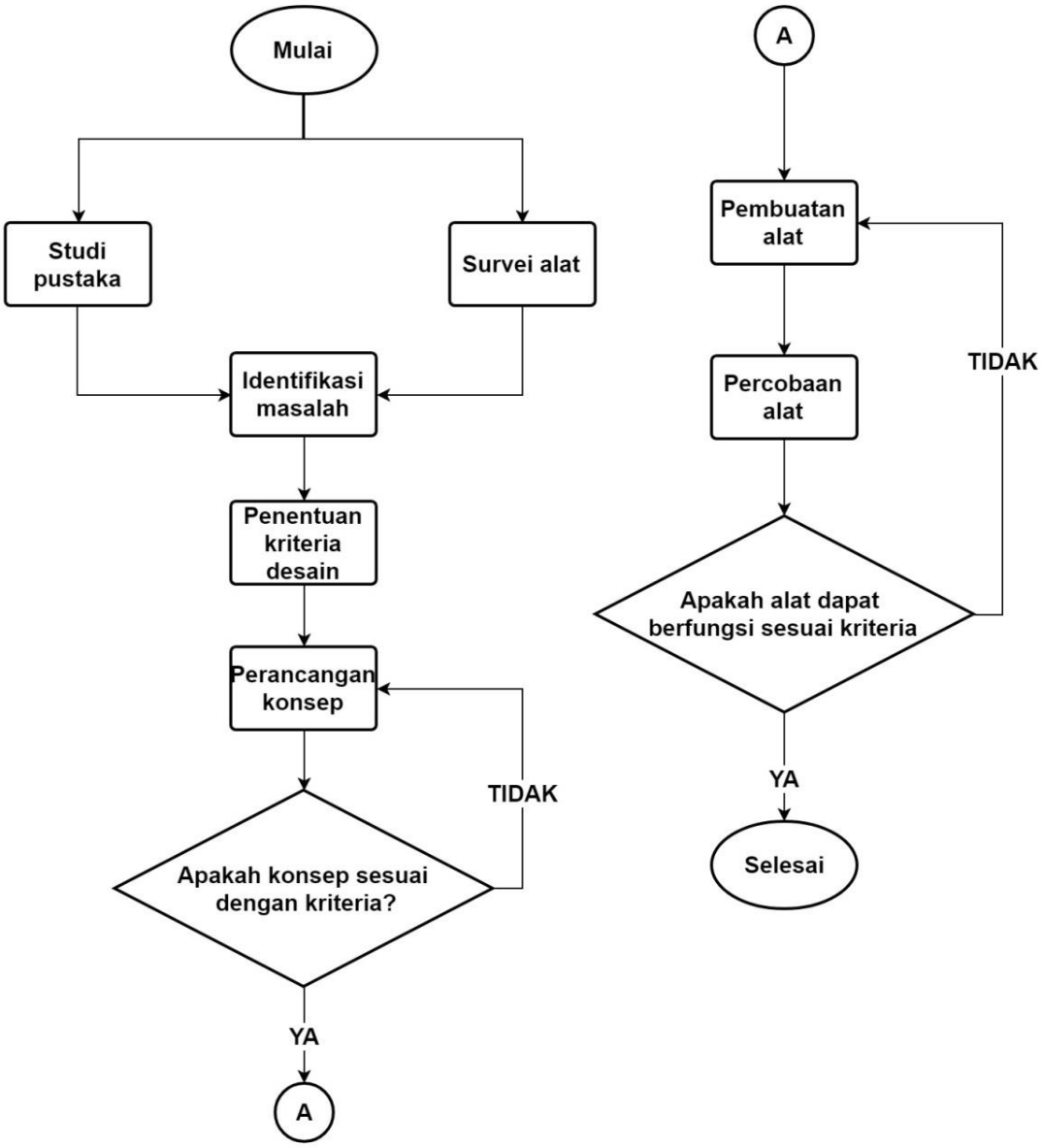
F = Gaya pada benda (N)

r = Jarak lengan benda (m)

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Penelitian dari tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan dan proses yang dilakukan dan dibentuk dalam diagram alur. Berikut ini diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.2 Survei Alat

Sistem penekuk dari alat sebelumnya masih sangat sederhana, berikut ini adalah poin-poin hasil survei alat sebelumnya:

No	Gambar	Keterangan
1		Penekukan hanya menggunakan plat untuk mendorong besi.
2		Belum adanya tumpuan bagian atas.
3		Jarak dan sudut penekuk belum diperhitungkan.

4		Besi masih bisa berpindah pindah posisi.
5		Jalur piston masih terlalu lebar sehingga pada waktu penekukan posisi akan berpindah-pindah.

3.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah agar masalah yang terdapat pada alat sebelumnya dapat dioptimalkan yaitu:

1. Pada alat sebelumnya cara kerjanya masih sangat sederhana.
2. Sudut begel yang dihasilkan tidak beraturan.
3. Begel yang dihasilkan tidak presisi.

3.4 Kriteria Desain

Setelah melakukan survei dari alat pembuat begel yang sebelumnya dilakukan proses dengan cara kerja menekuk yang berbeda dalam kriteria desain dibagi menjadi dua yaitu :

3.4.1 Kriteria Konsep

1. Penekukan menggunakan sistem yang berbeda dari alat sebelumnya.
2. Mudah dioperasikan.
3. Alat dan bahan mudah ditemukan.

3.4.2 Kriteria fungsi

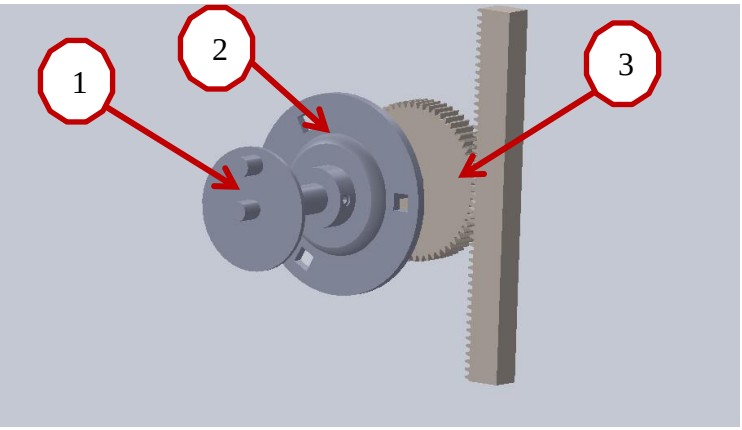
1. Alat dapat menekuk besi berdiameter 4 mm.
2. Alat dapat menekuk besi dengan sudut 90°.
3. Alat dapat membuat begel dengan sisi berukuran 10 x 10 cm.

3.5 Konsep perancangan

3.5.1 Konsep Perancangan 1

Tahap perancangan pertama dilakukan pembuatan konsep alat. Pada mekanisme ini menggunakan poros penekuk, *pillow block*, dan rak pinion gir. Pada tanda panah nomor satu menunjukan poros penekuk yang berfungsi sebagai penekuk besi begel, kemudian pada tanda panah nomor dua menunjukan *pillow block* yang menjadi tumpuan poros penekuk ke meja kerja alat, dan pada tanda panah nomor tiga merupakan rak pinion gir sebagai penerus penggerak dari pneumatik. Gir batang lurus akan disambungkan dengan ujung aktuator pneumatik, sehingga aktuator bergerak vertikal sebagai penghubung pergerakan dari silider pneumatik ke poros penekuk.

Dalam konsep ini masih memiliki kekurangan. Adapun alat dan bahan serta biaya menjadi salah satu faktor kekurangan pada proses perancangan alat. Alat dan bahan sulit ditemukan dan memerlukan biaya yang besar untuk menggunakan rak pinion gir. Konsep ini juga di jelaskan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Konsep pertama

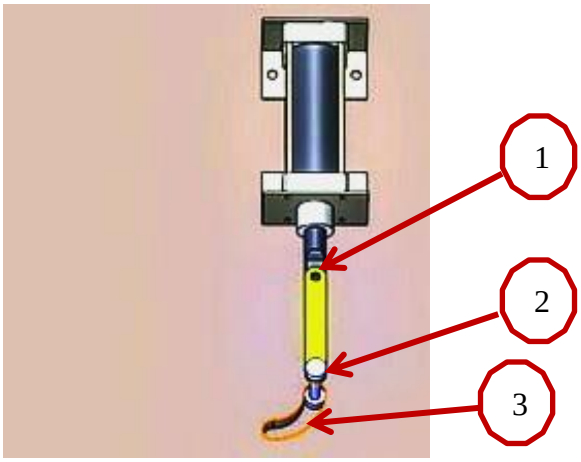
3.6 Tahapan Kedua

3.6.1 Konsep Perancangan 2

Tahapan kedua pada konsep perancangan kedua menggunakan engsel yang disambungkan diujung piston aktuator pneumatik, hal ini dapat dilihat pada tanda panah nomor satu pada Gambar 3.3. Engsel yang berfungsi seperti silinder untuk menempatkan poros, hal ini berguna untuk menyambung plat dengan ujung piston pneumatik sehingga plat penekuk dapat bergerak pada bentuk lintasan rol.

Rol dapat dilihat pada tanda panah nomor dua, yang akan menjadi bagian penting yaitu membantu mengarahkan pergerakan dari penekukan. Rol akan mendorong besi dalam proses penekukan. Tanda panah nomor tiga pada gambar menunjukan lintasan rol, yaitu tempat jalur lintasan bengkoknya besi yang terjadi karena dorongan plat dan engsel pada gaya dari dorongan aktuator pneumatik.

Kekurangan dari konsep kedua ini ialah memerlukan meja kerja yang lebih tebal, agar lintasan rol penekuk tidak mudah haus atau rusak. Konsep kedua juga dapat dilihat pada Gambar 3.3.



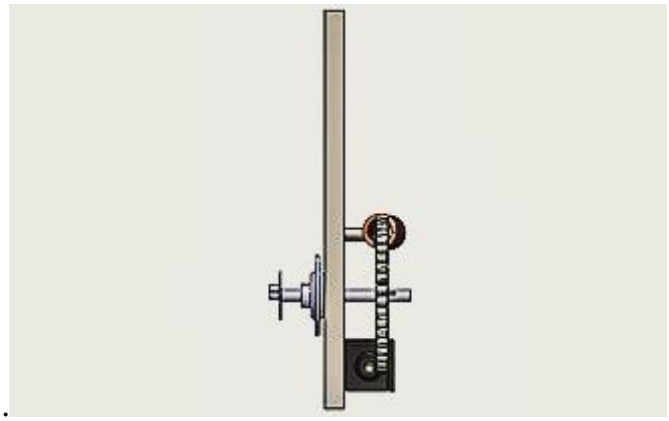
Gambar 3.3 Konsep kedua

3.7 Tahapan Ketiga

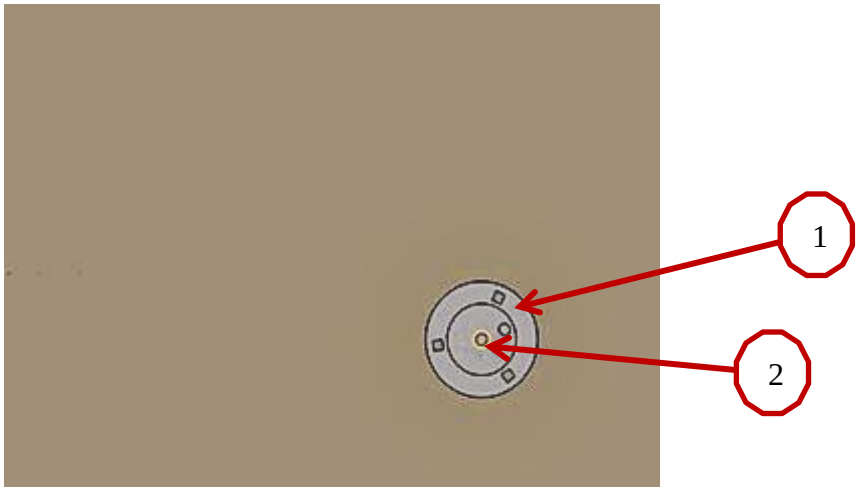
3.7.1 Konsep perancangan 3

Pada konsep ketiga cara kerjanya menggunakan roda gigi, rantai, dan pegas. Dari fungsinya roda gigi dan rantai sebagai penerus atau penghubung pergerakan dari silinder pneumatik ke poros penekuk. Roda gigi yang digunakan adalah gir belakang dari sepeda motor. Sedangkan fungsi dari pegas hanya membantu mengembalikan *air cylinder* ke posisi awal dan menjaga ketegangan posisi rantai. Konsep yang digunakan dapat dilihat pada 3.4 3.5 dan Gambar 3.6. Penjelasan dari ketiga gambar sebagai berikut:

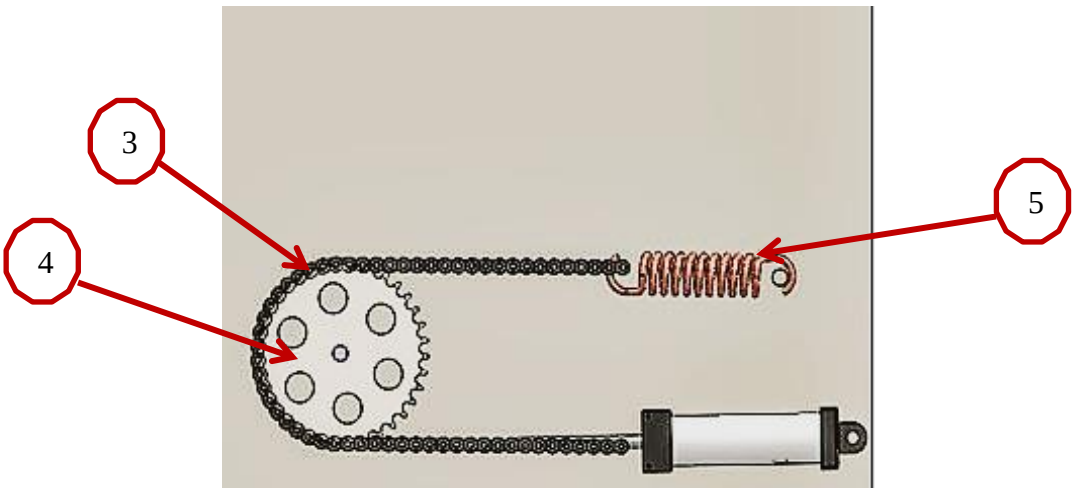
Pada Gambar 3.5 tanda panah nomor satu menunjukan *pillow block* sedangkan pada tanda panah nomor dua menunjukan poros penekuk, lalu pada Gambar 3.6 tanda panah nomor tiga adalah rantai yang berfungsi sebagai penerus penggerak dari gaya aktuator pneumatik. Pada tanda panah nomor empat yaitu roda gigi yang memiliki diameter 14 cm, sebagai penghubung pergerakan dari silinder ke poros penekuk. Tanda panah nomor lima adalah pegas, yang berfungsi untuk menjaga tegangan posisi rantai.



Gambar 3.4 Konsep ketiga (tampak samping)



Gambar 3.5 Konsep ketiga (tampak atas)



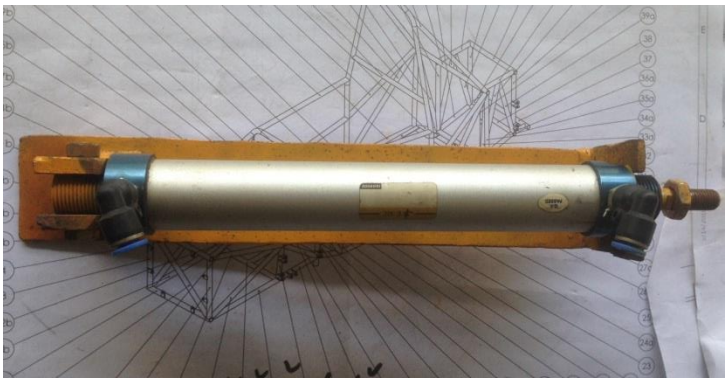
Gambar 3.6 Konsep ketiga (tampak bawah)

3.8 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam perancangan ulang alat pembengkok besi bangunan terdiri dari :

3.8.1 Silinder Pneumatik

Berdasarkan prinsip kerjanya silinder yang digunakan pada alat yaitu silinder kerja ganda. Silinder kerja ganda merupakan sebuah alat yang bisa maju dan mundur karena adanya sebuah udara yang disalurkan ke salah satu dua saluran yang ada. Silinder pneumatik kerja ganda terdiri dari beberapa bagian yaitu torak, *seal*, batang torak, dan silinder, ukuran silinder yang digunakan berdiameter 32 mm.



Gambar 3.7 Silinder pneumatik

3.8.2 Kompresor

Dalam bidang industri, udara atmosfer dimampatkan menggunakan pompa khusus yang disebut kompresor yang digerakan oleh motor, kompresor memampatkan udara kedalam sebuah tangki penyimpan yang kuat yang disebut tanki penampung atau *receiver* . Jika motor yang dipakai adalah motor listrik, berarti tenaga yang digunakan adalah tenaga listrik. Tenaga listrik tersebut membuat kompresor bekerja dan hampir seluruh tenaga kini disimpan dalam *receiver* dalam bentuk udara yang dimampatkan. Tenaga yang tersimpan selalu siap untuk dimanfaatkan (Widodo, 1984).

Gambar 3.8 Kompresor

3.8.3 Regulator

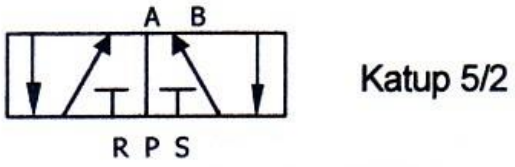
Regulator merupakan sebuah komponen yang mengatur *supply* udara dari kompresor menuju sistem pneumatik. Sedangkan *gauge* berfungsi sebagai penunjuk dan pengatur ke dalam sistem dan keduanya bisa berupa sistem mekanis maupun elektrik.

Gambar 3.9 Regulator

3.8.4 Katup Pneumatik

Katup kendali arah adalah piranti pneumatik yang menerima sinyal eksternal untuk mengatur jalanya aliran udara, yaitu dengan mengarahkan aliran udara bertekanan ke suatu aliran dan membuang aliran udara ke luar dari saluran lainya serta menghentikan aliran udara.

Pada perancangan ini digunakan katup 5/2, berikut lambang katup 5/2 dapat dilihat pada Gambar 3.10 dan gambar katup 5/2 yang digunakan pada Gambar 3.11.

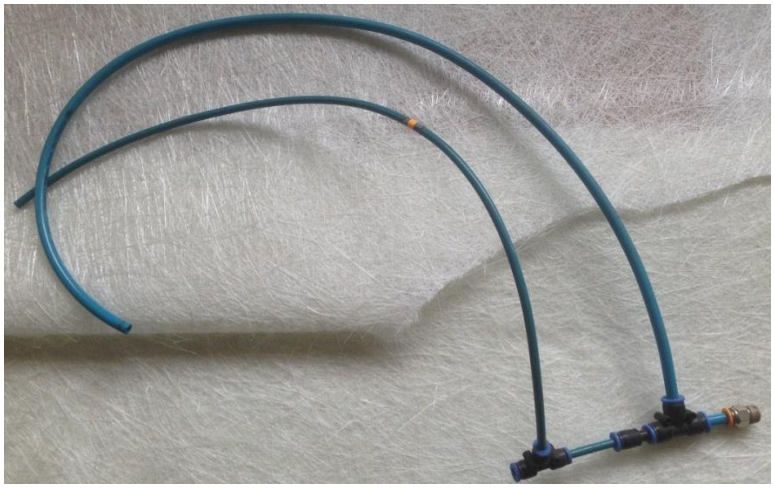


Gambar 3.10 Lambang katup 5/2

Gambar 3.11 Katup 5/2

3.8.5 Selang

Selang merupakan sebuah komponen yang berfungsi untuk menyalurkan dan menghubungkan tekanan udara dari kompresor menuju ke silinder pneumatik, untuk melihat selang yang digunakan di alat dapat dilihat pada gambar Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Selang

3.8.6 Gir dan Rantai

Gir dan rantai merupakan komponen yang berfungsi sebagai penerus atau penghubung pergerakan dari silinder pneumatik ke poros penekuk besi dimana gir yang digunakan adalah gir belakang dari sepeda motor yang berdiameter 14 cm.

Gambar 3.13 Rantai

3.8.7 Pillow Block

Pillow block yaitu *bearing* yang sudah dilengkapi dudukan, fungsinya sebagai tumpuan poros dari penekuk besi, *pillow block* yang dipakai adalah tipe 2- *Bolt Flange Units UCFL Adapter Sleeve Lock.* Dapat dilihat pada Gambar 3.14.

Gambar 3.14 *Pillow block*

3.8.8 Poros Penekuk

Poros penekuk yang dipakai berukuran 19 mm dengan panjang 25 cm dan pada bagian dudukan penekuk dilas menyambung dengan poros, untuk melihat dapat dilihat pada Gambar 3.15.

Gambar 3.15 Poros penekuk

3.8.9 Pegas

Penggunaan pegas sering dimanfaatkan membantu menahan suatu benda agar bisa bergerak dengan mudah, pegas di alat ini berfungsi untuk membantu menjaga posisi rantai agar posisi rantai tetap pada posisi. Untuk pemilihan pegas yang digunakan yaitu pegas yang tidak memiliki kekakuan tinggi, karena jika kekakuanya tinggi nanti akan mempengharuhi kerja dari aktuator pneumatik.

Gambar 3.16 Pegas

3.9 Analisa Pemilihan Roda Gigi

Untuk memilih ukuran roda gigi perlu diketahui berapa tegangan tarik ijin TP24 dan berapa gaya pneumatik dari tekanan 4 bar. Setelah mengetahui tegangan tarik ijin TP24 dan gaya dari pneumatik bertekanan 4 bar kita dapat menghitung menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\sigma t = \frac{32\ M}{\pi\ d^3}$$

Keterangan : M = Momen

d = diameter besi begel

Tegangan tarik ijin baja TP24 = 39 N/mm² (data *sheet*)

F Pneumatik (0,4 Mpa) = 276 N (data *sheet*)

Diameter besi begel = 4 mm

Diamaeter roda gigi = 14 cm = 140 mm

Diameter jarak tumpuan penekuk = 18 mm

- Moment dibutuhkan besi untuk menekuk :

$$\sigma t = \frac{32\,M}{\pi\,d^3}$$

$$39\ \mathrm{N/mm^2} = \frac{32\,M}{\pi\,64\,mm^3}$$

$$M = \frac{39.\pi.64}{32}$$

$$M = 244{,}92$$

$$M = 245\ \mathrm{N.mm}$$

- Momen yang dihasilkan :

Momen yang dibutuhkan untuk menekuk besi adalah 245 N.mm sedangkan gaya pneumatik dengan tekanan 4 bar sudah melebihi momen yang dibutuhkan, jadi jika penekukan langsung dari silinder pneumatik ke besi sudah dapat menekuk besi, apabila diberi roda gigi ukuran berapa saja sudah mencapai torsi yang dibutuhkan.

Torsi roda gigi

T = F x r

= 276 x 70

= 19.320 N.mm

Gaya pada pembengkok

F = T / r

= 19320 x 18

= 1073,33 N

Momen yang dihasilkan pembengkok

M2 = F x s

= 1073,33 x 18

= 19319,94 N.mm

Jadi M1 = 245 N.mm dan M2 = 19319,94 N.mm

M2 > M1

3.10 Proses Pembuatan

Setelah mendesain dan alat bahantelah lengkap tahap selanjutnya adalah pembuatan alat. Pembuatan alat menjadi 3 bagian pembuatan, pembagian ini berdasarkan pembagian unit pada alat yaitu :

1. Pembuatan / renovasi meja kerja

Proses pembuatan unit rangka tidak banyak pengerjaan hanya saja merenovasi meja kerja yang lama, renovasi meja kerja menambahkan kaki meja yang pada awalnya posisi meja kerja berdiri dan sekarang melintang, kemudian membuat dudukan untuk aktuator dan pegas.

2. Pembuatan unit poros penekuk

Proses pembuatan unit penekuk langkah pertama bubut besi pejal dengan diameter 19 mm dan panjang 25 cm. Setelah itu bubut plat berdiameter 45 mm dan tebalnya 20 mm, kemudian untuk tumpuan penekuk ukuran diameternya 10 mm dan 8 mm, dan terakhir las plat ke poros penekuk.

3. Perakitan Unit Penekuk

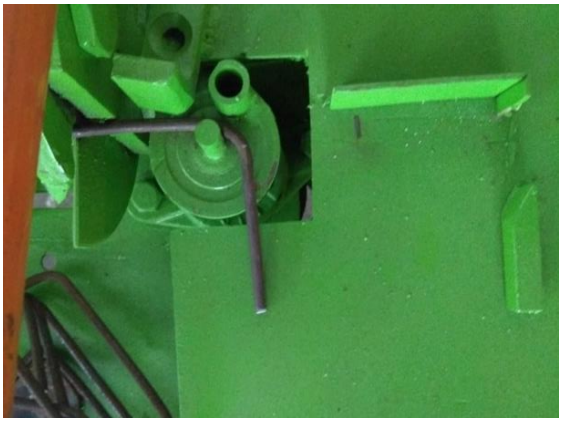
Pada proses perakitan langkah pertama pasang *pillow block* di meja kerja yang telah dilubangi, kemudian masukan poros penekuk ke *pillow block.* Setelah itu pasangkan gir dan rantai ke poros lalu kunci. Pada bagian bawah meja kerja sudah ada dudukan untuk aktuator dan dudukan pegas yang telah dibuat sebelumnya. Terakhir hubungkan aktuator ke rantai dan pegas ke ujung rantai.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

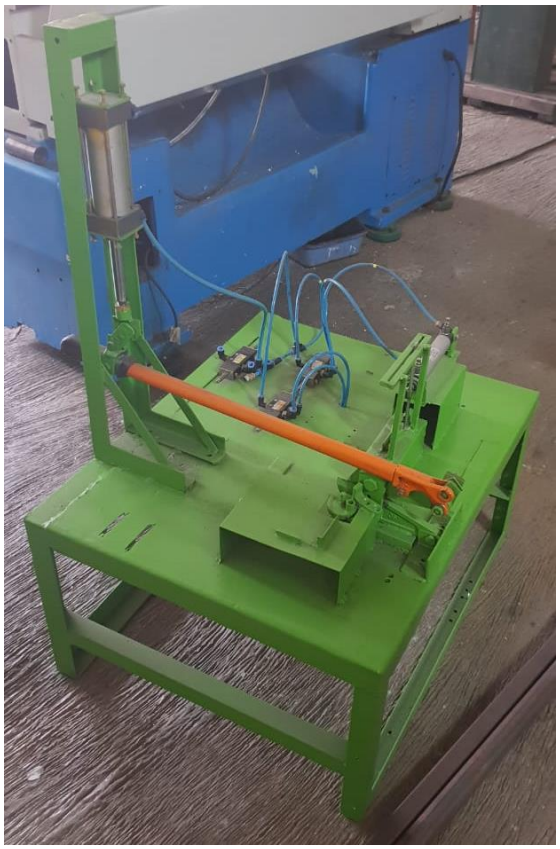
Perancangan alat penekuk besi begel bangunan dari beberapa desain yang telah dibuat dan telah melalui banyak tahapan, bertujuan agar hasil perancangan dapat sesuai dengan kriteria begel. Tahapan yang dimaksud adalah diskusi serta analis. Konsep perancangan alat penekuk yang digunakan adalah konsep ketiga. Pada konsep ketiga, memiliki cara kerja yang menggunakan roda gigi, rantai, dan pegas. Dari fungsinya roda gigi dan rantai sebagai penerus atau penghubung pergerakan dari silinder pneumatik ke poros penekuk, roda gigi yang digunakan adalah gir belakang dari sepeda motor. Sedangkan fungsi dari pegas hanya membantu menjaga ketegangan posisi rantai.

Dalam perancangan alat, hal pertama yang dilakukan adalah mendesain. Desain berdasarkan hasil observasi dan diskusi-diskusi yang akan menghasilkan deskripsi alat yang telah dirancang ulang. Hasil tersebut menjadi kerangka alat dalam pembuatan desain. Desain digambar dengan menggunakan *software solidwork* 2015. Hasil pembuatan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

Gambar 4.1 Hasil alat (tampak bawah)



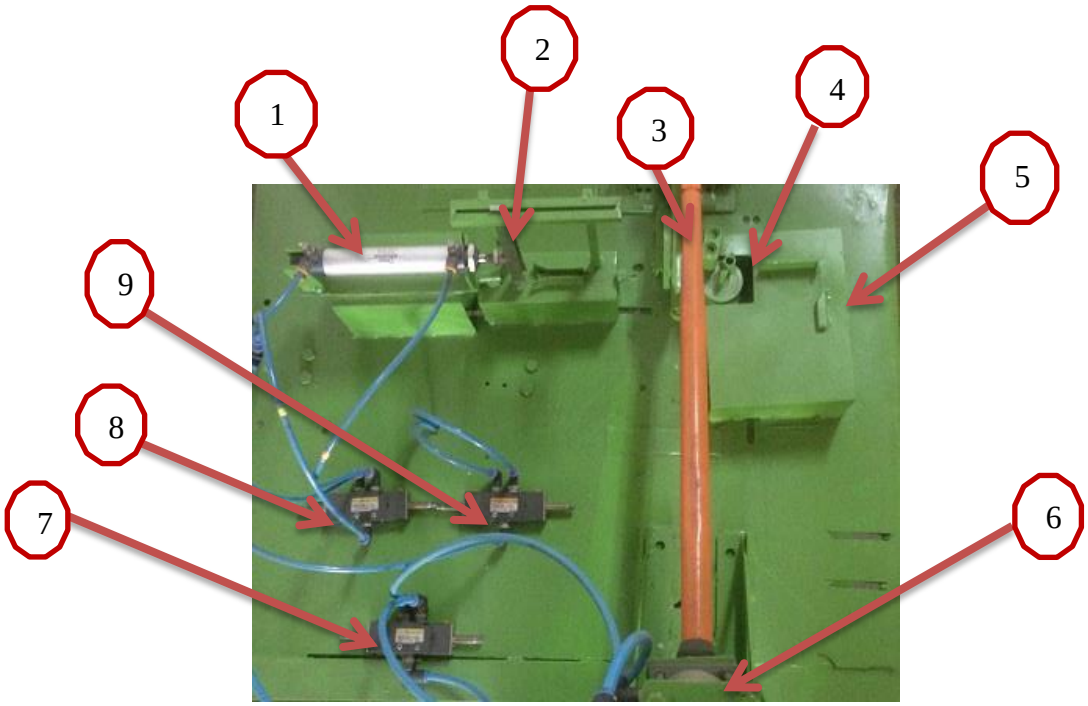
Gambar 4.2 Hasil alat (tampak atas)



Gambar 4.3 Gambar keseluruhan alat

Pembuatan alat terbagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian pengumpan besi, penekuk besi , dan pemotong besi. Pembuatan alat sesuai dengan bagian-bagian pada alat. Meja kerja pada alat masih menggunakan meja kerja lama yang berukuran 800 mm x 650 mm dengan ketebalan 3 mm bedanya posisi meja melintang, supaya dapat menahan beban mekanisme-mekanisme alat yang

digunakan pada alat tersebut. Untuk melihat hasil keseluruhan bagian-bagian alat dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Bagian-bagian alat

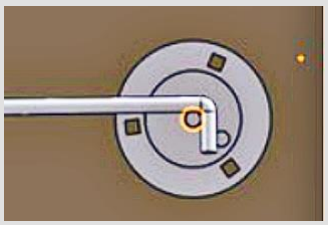
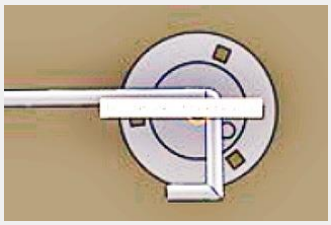
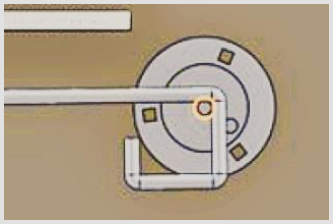
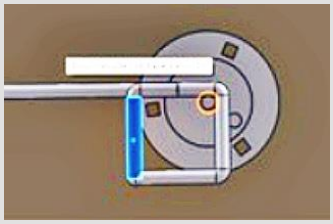
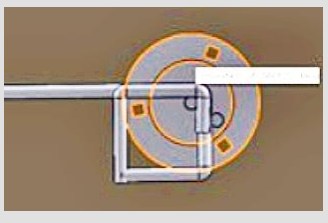
Keterangan gambar Gambar 4.4 :

1. Aktuator pengumpan besi.
2. Alat pengumpan besi.
3. Alat pemotong besi.
4. Alat penekuk besi.
5. Pembatas pengumpan besi.
6. Aktuator pemotong besi.
7. Katup pneumatik pemotong besi.
8. Katup pneumatik pengumpan besi.
9. Katup pneumatik penekuk besi.

4.1 Langkah Kerja Alat Penekuk Konsep Baru

Langkah konsep baru dari penekukan ada beberapa tahap, untuk melihat tahapanya dapat dilihat pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Langkah kerja alat konsep baru

No.	Gambar	keterangan
1		Penekukan ke 1
2		Penekukan ke 2
3		Penekukan ke 3
4		Penekukan ke 4
5		Penekukan ke 5

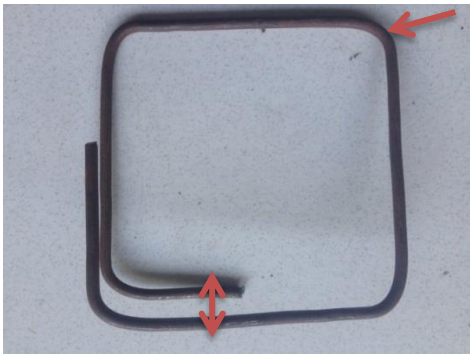
Pada langkah pertama besi didorong maju dari titik 0 sepanjang 5 cm lalu ditekuk, kemudian langkah kedua besi maju 10 cm dan ditekuk kembali, langkah

ketiga dan keempat besi didorong sepanjang 10 cm lagi dan ditekuk, dan langkah kelima besi dipotong ditengah besi penekukan yang keempat, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Gambar 4.5 Langkah saat pemotong

4.2 Hasil Pengujian

Hasil pengujian dari besi berdiameter 4 mm sudah hampir mencapai presisi, tetapi sudut radius yang didapat masih belum konsisten. Maka perlu pengembangan dan perubahan di alat penekukannya. Tata letak tempat tumpuan besi yang ditekuk agar diperhitungkan lagi jaraknya dan adanya penahan besi agar pada saat penekukan besi tidak dapat bergerak maju. Dari semua hasil pengujian, alat sudah mampu membuat begel yang berukuran besi 4 mm. Untuk melihat hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Hasil pengujian

Gambar 4.7 Hasil dalam lima kali percobaan

Pada sudut yang dihasilkan telah mencapai 90º, tetapi radius masih belum konsisten dan besi masih belum sepenuhnya rapat. Ini disebabkan pada bagian pemotong masih terdapat kekurangan pada ukuran pemotong yang terlalu besar dan yang menyebabkanya radius yang tidak konsisten, dikarenakan pada saat penekukan besi masih bisa bergerak maju. Pemotong yang terlalu besar menjadikan komponen alat yang lainnya tidak sesuai. Oleh karena itu jika begel dirapatkan, pada waktu pemotongan akan terjadi semua bagian ikut terpotong. Maka begel sengaja direnggangkan agar hasil dari pemotongan begel hanya pada bagian besi yang bawah saja.

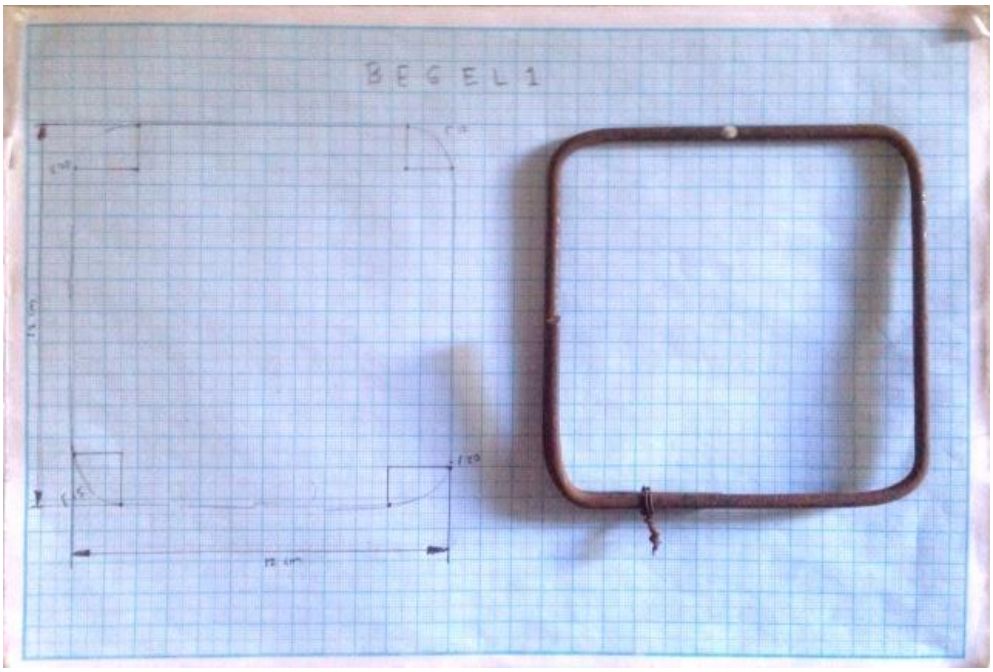
4.3 Pembahasan

Dari hasil pengujian pada besi berukuran ketebalan 4 mm sudah memenuhi kriteria. Kriteria yang dimaksud adalah begel mempunyai sudut 90° serta lekukan begel yang radius belum konsisten sama. Dari perancangan ulang yang telah dilakukan penulis memastikan alat sudah mampu membuat begel berulang-ulang dengan hasil ukuran yang tidak berbeda jauh. Disamping itu pencarian alat pada proses perancangan ulang alat penekuk begel dapat diperoleh dengan mudah di pasaran. Pengoperasian alat ini masih belum melakukan proses

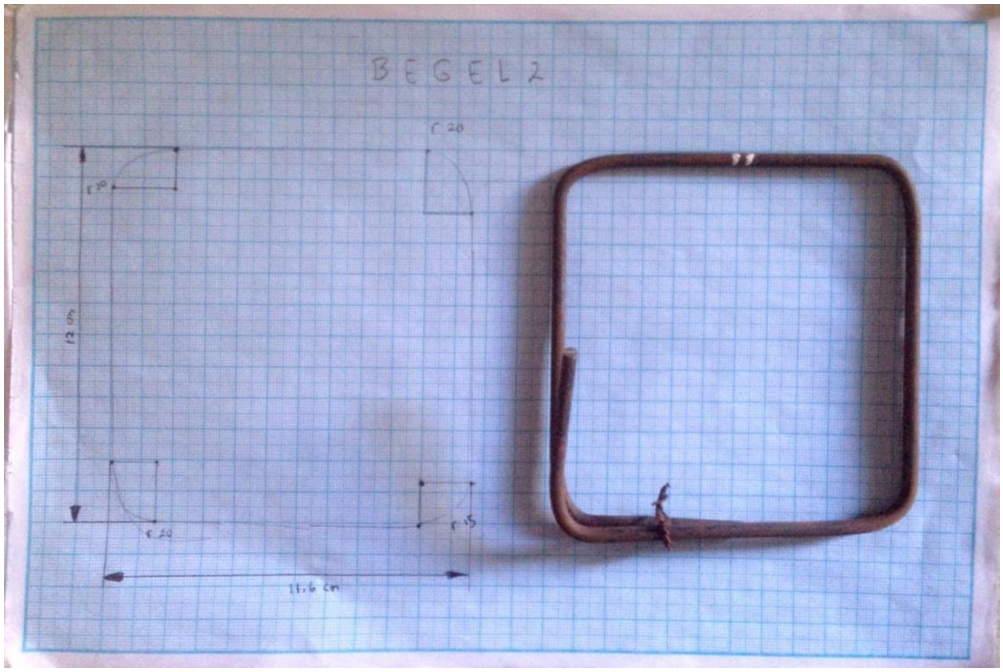
otomasi, pengoperasian masih menggunakan operator untuk membuka atau menutup katup pada mekanisme pengumpan, penekuk, dan pemotong

4.4 Identifikasi Masalah yang Masih dihadapi

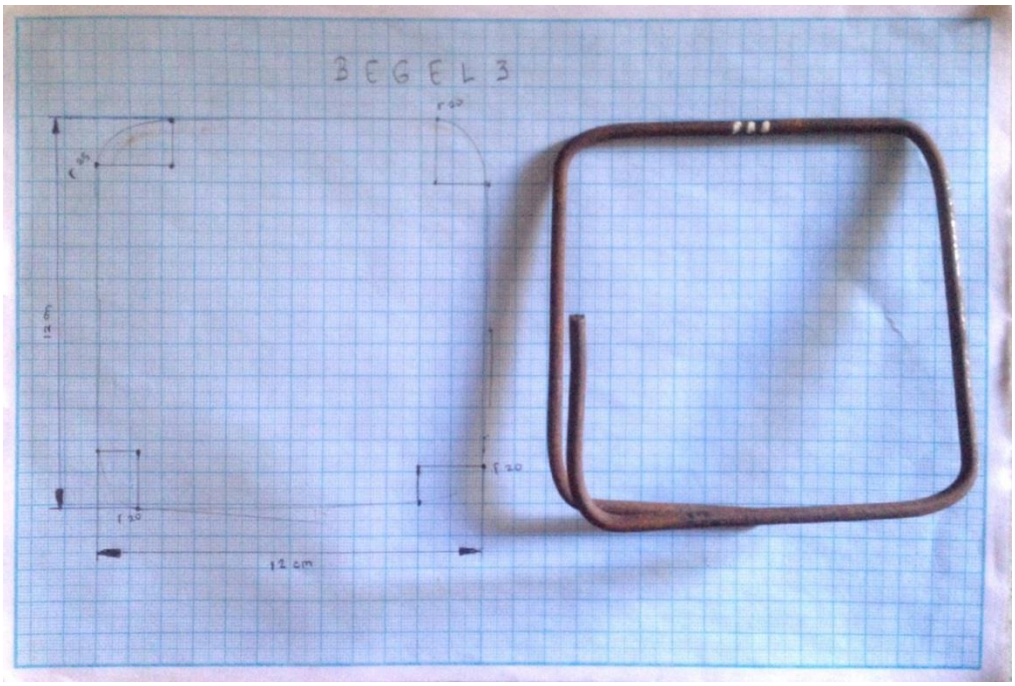
Pada pengujian pertama panjang sisi yang dihasilkan 12 cm dengan radius 15 mm sampai 20 mm, pengujian kedua sisi yang dihasilkan 12 cm dan 11,6 cm dengan radius r 15 mm sampai r 20 mm. Pengujian ketiga, sisi yang dihasilkan 12 cm dengan radius r 20 mm sampai r 25 mm. Padahal ukuran yang sebelumnya ditentukan ialah 10 cm x 10 cm, adanya perbedaan pada panjang sisi dan radius ini dikarenakan pada saat proses pembuatan begel, terjadi pergerakan pada besi saat penekukan dilakukan yakni bergerak maju sekitar 5 mm sampai 10 mm. Untuk melihat hasil pengukuran panjang sisi begel dapat dilihat pada gambar Gambar 4.8, Gambar 4.9, dan Gambar 4.10.



Gambar 4.8 Begel peertama



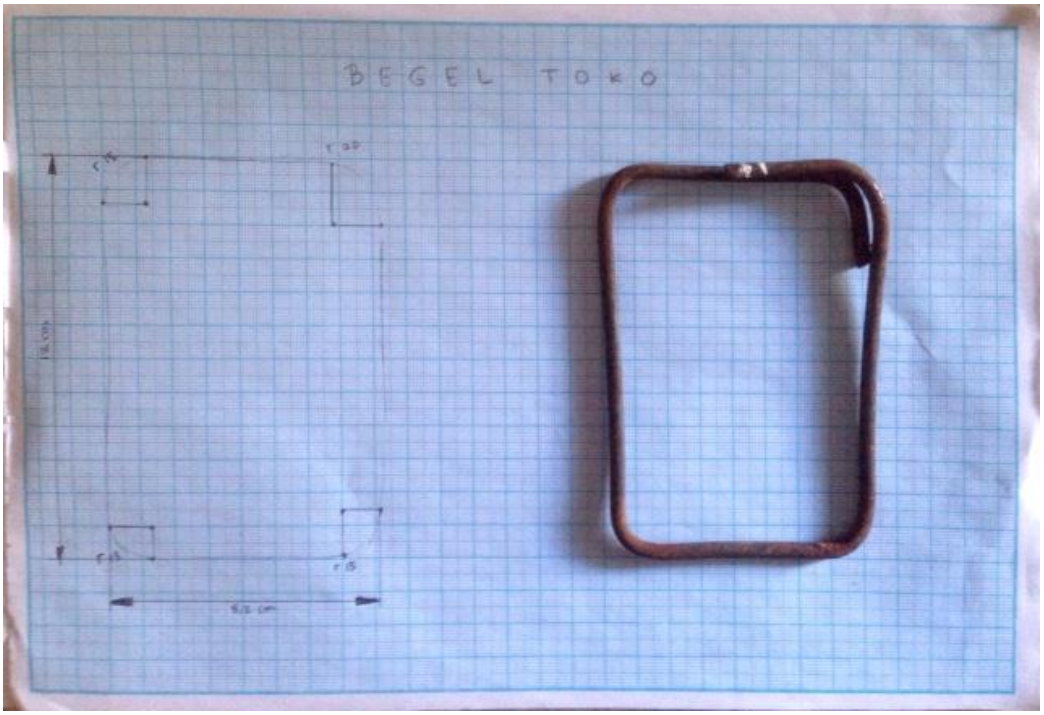
Gambar 4.9 Begel kedua



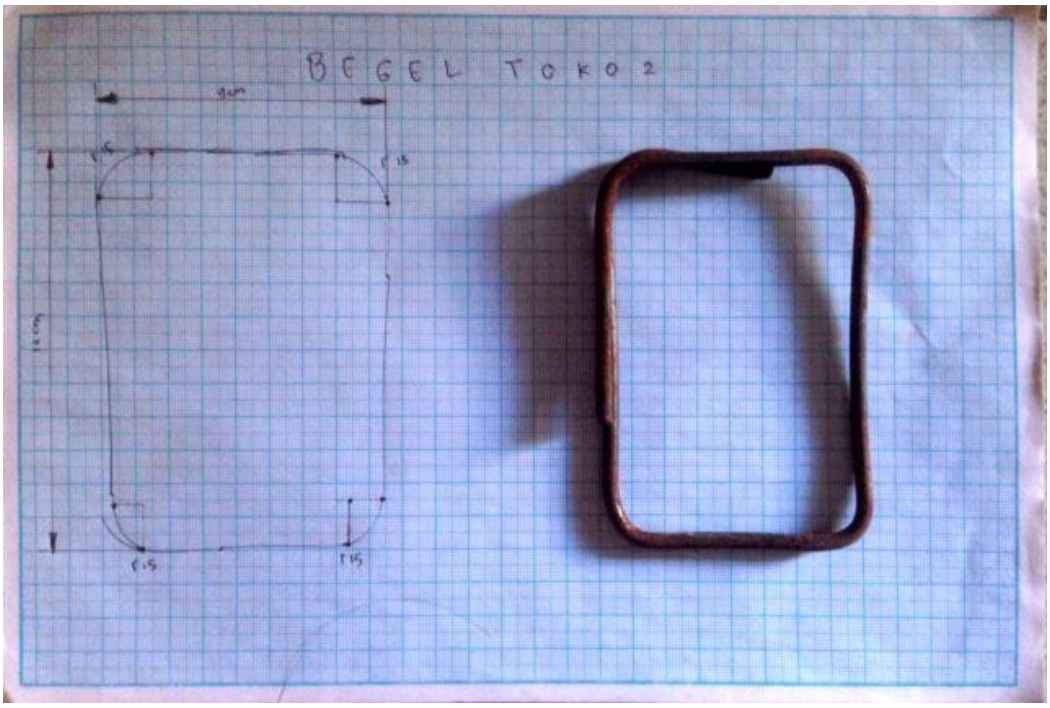
Gambar 4.10 Begel ketiga

Begel yang telah dibuat oleh alat perancangan ini dibandingkan dengan begel dari toko yang didapat dari bangunan kost. Adapun hasil yang diperoleh dari begel yang dibeli di toko panjangnya adalah 12 cm x 8 cm, dan radius yang

diukur diperoleh r 13 mm, r 15 mm sampai r 20 mm. Begel yang dibeli di toko jika di ukur masih belum presisi, contoh pada pengukuran begel toko kedua yang seharusnya memiliki panjang 8 cm jadi 9 cm. Untuk melihat begel toko dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4.11 Begel toko pertama



Gambar 4.12 Begel toko kedua

Begel toko besi yang digunakan berukuran 6 mm, dilihat dari gambar diatas radius rata-rata yaitu 15 mm-20 mm.

4.5 Rekomendasi Penyelesaian Masalah

Untuk pengembangan selanjutnya diharapkan adanya penahan besi dari pendorong, agar pada saat penekukan besi berlangsung tidak mengalami pergerakan lagi. Atau opsi lainnya pada komponen penekuk dilakukan perubahan, dimana tumpuan penekuk yang bagian tengah dibuat *fix* sehingga yang bergerak hanya pada tumpuan atas untuk menekuk besi.

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan ulang yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulanya sebagai berikut :

1. Telah dirancang ulang alat penekuk besi bangunan dengan menggunakan cara kerja yang berbeda dengan alat sebelumnya guna menghasilkan begel berulang-ulang dengan diameter 4 mm.
2. Berdasarkan desain yang telah di implementasikan, terdapat komponen utama yang berfungsi menekuk dengan menggunakan penggerak dari roda gigi, rantai, dan pegas.
3. Berdasarkan simulasi waktu alat untuk membuat begel rata-rata sekitar 1 menit per unit.

5.2 Saran

Dari perancangan ulang yang dilakukan alat ini masih terdapat kekurangan yang memungkinkan untuk dilakukan pengembangan perancangan selanjutnya, diantaranya yaitu :

1. Komponen penekuk dibuat perubahan dimana tumpuan penekuk yang bagian tengah dibuat *fix* sehingga yang bergerak hanya pada tumpuan atas untuk menekuk besi agar besi tdiak banyak pergerakan.
2. Pada aktuator menggunakan *limit speed* yang lambat, sehingga pada saat penekukan besi tidak banyak berpindah posisi dan menghasilkan bentuk begel yang lebih baik.
3. Dalam perancangan ini belum dilakukan proses otomasi, masih menggunakan operator untuk membuka atau menutup katup pada mekanisme pengumpan, penekuk dan pemotong.
4. Begel yang telah dihasilkan oleh alat masih perlu dilakukan pengepresan secara manual, diharapkan untuk peneliti selanjutnya memperhatikan bagian dari pemotongan besi agar dapat memotong dibagian akhir dari penekukan.

5. Diharapkan pada penelitian selanjutnya membuat konsep untuk penahan besi agar pada waktu penekukan besi tidak bergerak, sehingga menghasilkan radius yang sama (konsisten).

DAFTAR PUSTAKA

Aji, A. A. P. (2016). *Perancangan dan Pembuatan Alat Pendorong dan Pemotong Ring Kotak Sloof Menggunakan Sistem Pneumatik*.

Arismanto. (2018). *Perancangan Alat Pemotong Kawat Besi Pada Alat Sengkang Berbasis Pneumatik*.

Armanto, E., Tjahjono, B., Zuniam, M., & Amrizal, Y. (2015). Roll Bender Pipa Galvanis Diameter 1,5 Inchi. *2016, Vol 10, No 3 (2015)*.

Asad, H. A. (2016). *Perancangan dan Pembuatan Alat Penekuk Ring Kotak Sloof Menggunakan Sistem Pneumatik*.

Budi, G. S. (2013). Pengujian Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Tulangan Baja (KajianTerhadap Tulangan Baja dengan Sudut Bengkok45^{o}, 90^{o}, 135^{o}), *11*.

Burhanudin, Y. (2013). Perancangan dan Pembuatan Curling Dies Untuk Penekukan Plat Engsel Tipe Butt dengan Sistem Press, *4*.

Dewanto, A., & Irmawati, D. (2013). Pembelajaran Sistem Hidrolik dan Pneumatik dengan Menggunakan Automation Studio, *Volume 21*.

Hakim, L. A. (2017). Perancangan Sistem Otomasi Proses Pelubangan Kartu Tekstil Jackquard Pada Mesin Punching di PT. Buana Intan Gemilang, *4*.

Jumini, S., & Muhlisoh, L. (2013). Pengaruh Perbedaan Panjang Poros Atau Suatu Benda Terhadap Kecepatan Sudut Putar, *4*.

Maulana, A. M. (2018). *Perancangan Ulang Alat Pendorong Begel Menggunakan Sistem Pneumatik*.

Salindeho, R. D., Soukotta, J., & Poeng, R. (2013). Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material, *2*.

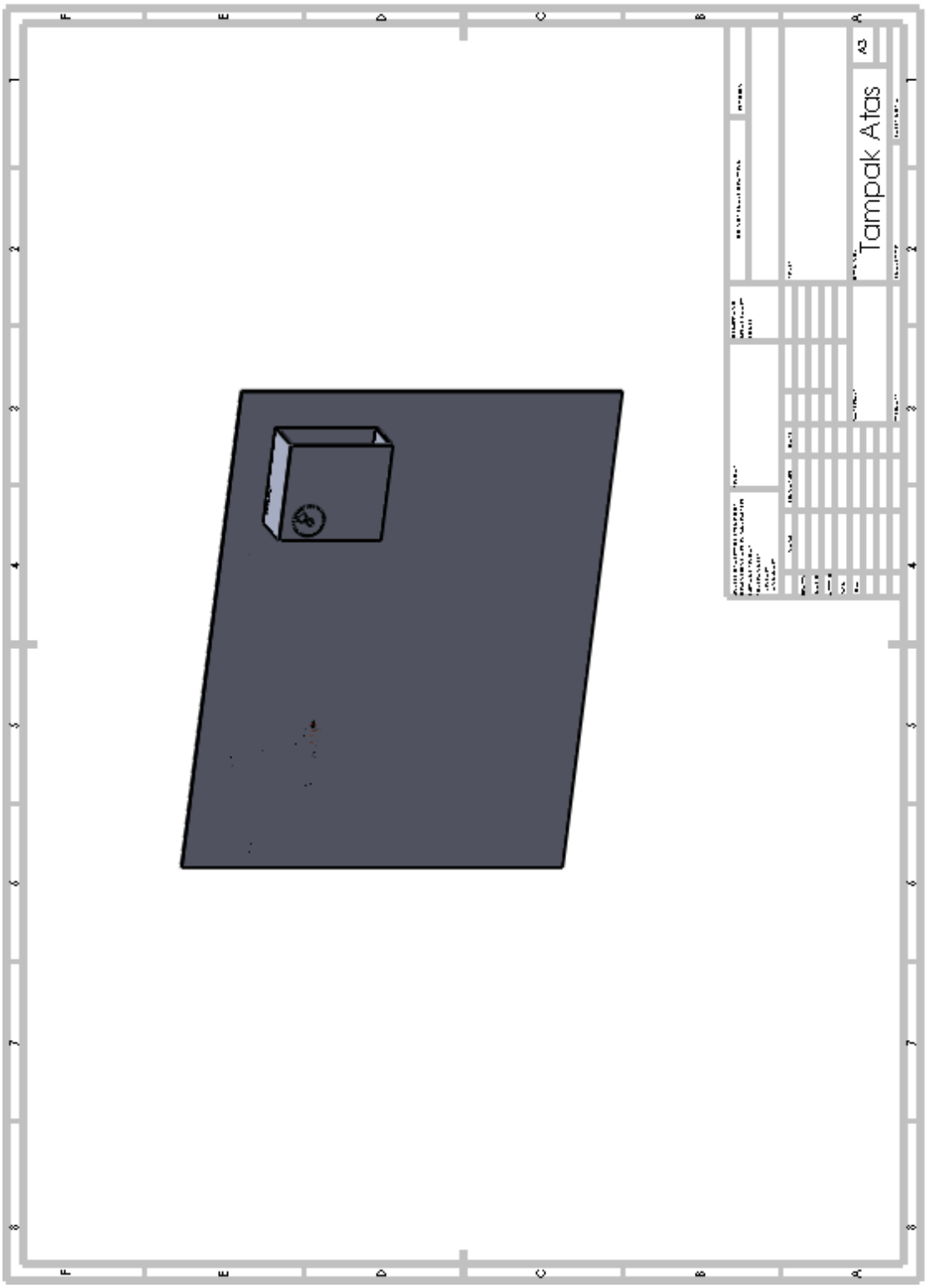
Son, L. (2014). Rancang Bangun Alat Bending Sengkang pada Kolom Skala Laboratorium, *21*.

Subagio, D. G. (2006). Perancangan Mesin Penekuk Plat Mini.

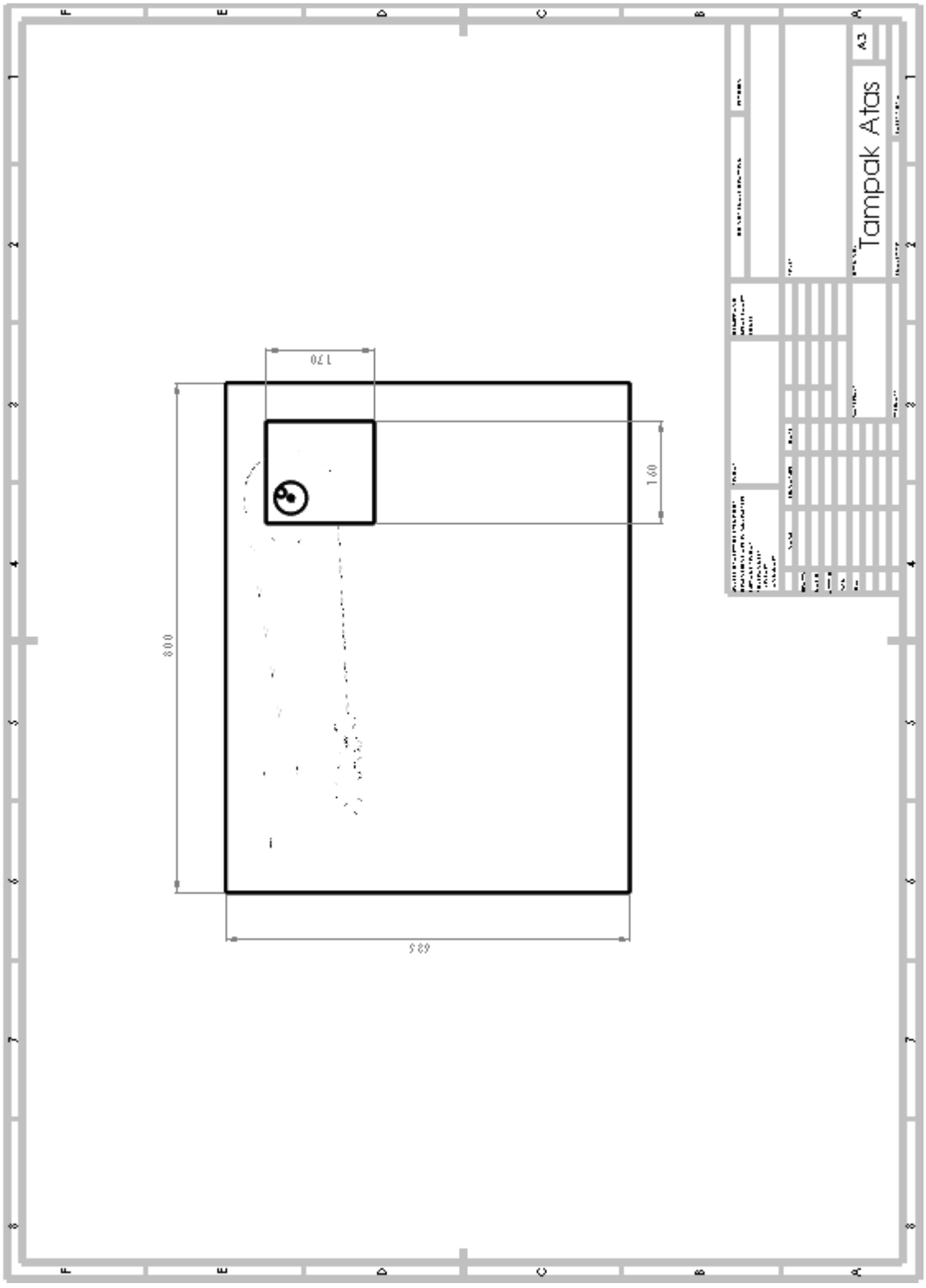
Widodo, A. T. K. (1984). *Pengantar Ilmu Teknik Pneumatika*.

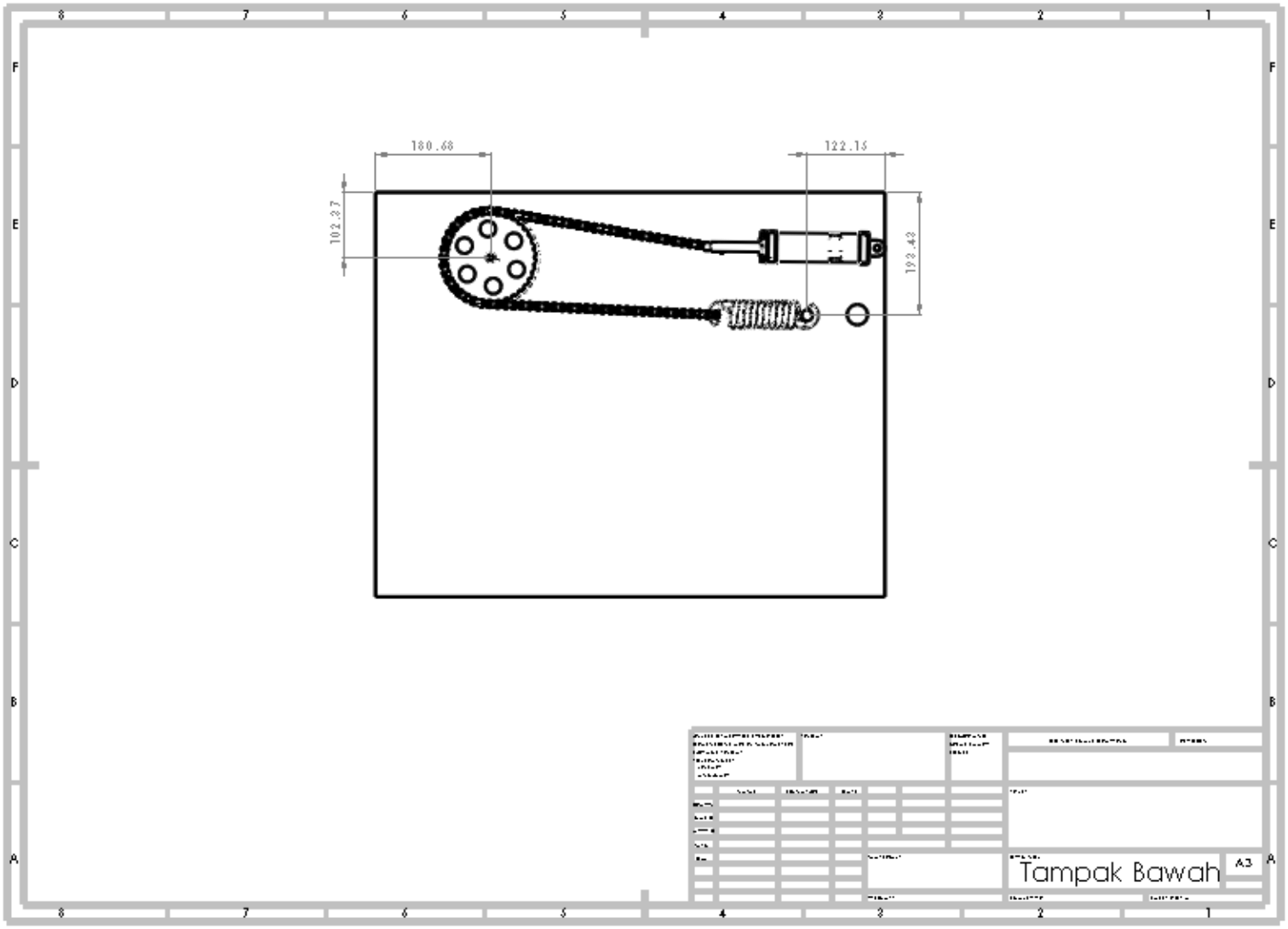
Wirawan, S., & Poedjiono, S. (2017). *Pneumatik dan Hidrolik* (Oktober 2017). Yogyakarta: DEEPUBLISH.

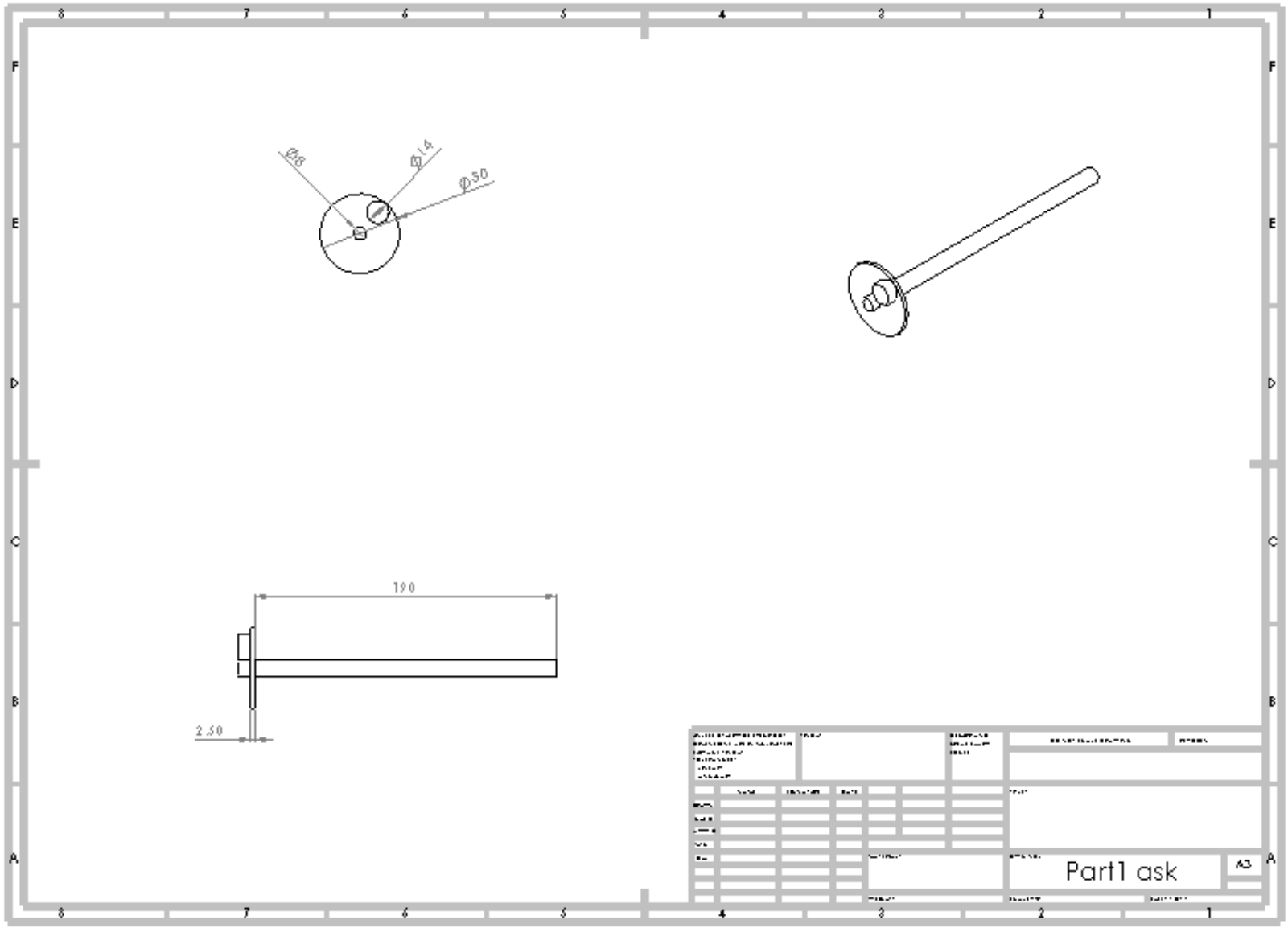
LAMPIRAN 1
GAMBAR 2D KONSEP DESAIN



Tampak Bawah
A3

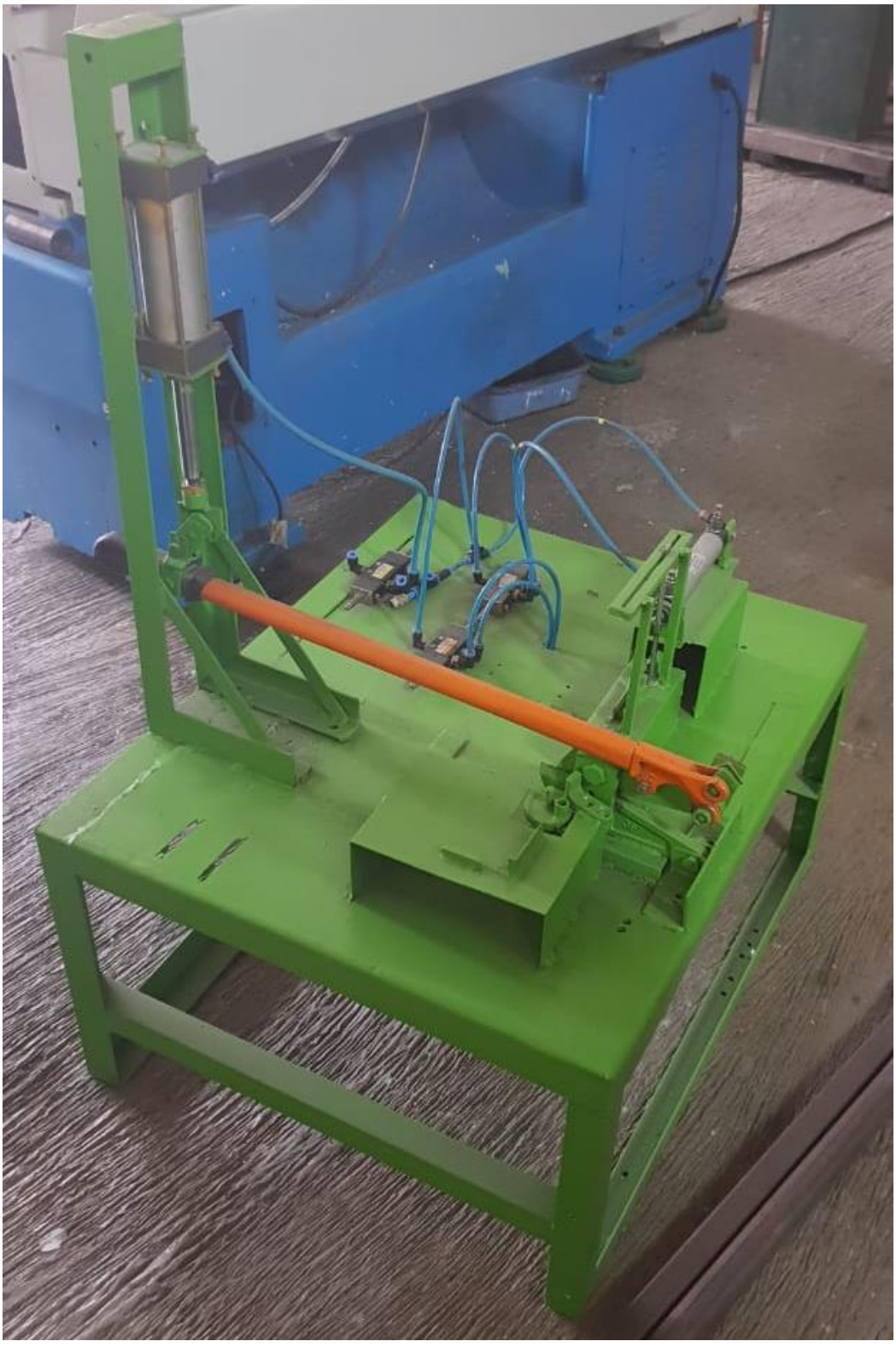

Tampak Atas
A3
170
160
800
685


180.68
122.15
102.37
193.42
Tampak Bawah
A3


Ø8
Ø14
Ø50
190
2.50
Part1 ask
A3

LAMPIRAN 2

GAMBAR ALAT YANG TELAH DIBUAT



LAMPIRAN 3

TABEL BAJA TULANGAN

Tabel 2 Ukuran baja tulangan beton sirip

No	Penamaan	Dia-meter nominal (d)	Luas penam pang nominal	Diameter dalam nominal (d_1)	Tinggi sirip melintang		Jarak sirip melintang (maks)	Lebar rusuk Memanjang (maks)	Berat nominal
					min	maks			
		mm	cm^2	mm	mm	Mm	Mm	mm	Kg/m
1	S.6	6	0,2827	5,5	0,3	0,6	4,2	4,7	0,222
2	S.8	8	0,5027	7,3	0,4	0,8	5,6	6,3	0,395
3	S.10	10	0,7854	8,9	0,5	1,0	7,0	7,9	0,617
4	S.13	13	1,327	12,0	0,7	1,3	9,1	10,2	1,04
5	S.16	16	2,011	15,0	0,8	1,6	11,2	12,6	4,58
6	S.19	19	2,835	17,8	1,0	1,9	13,3	14,9	2,23
7	S.22	22	3,801	20,7	1,1	2,2	15,4	17,3	2,98
8	S.25	25	4,909	23,6	1,3	2,5	17,2	19,7	3,85
9	S.29	29	6,625	27,2	1,5	2,9	20,3	22,8	5,18
10	S.32	32	8,042	30,2	1,6	3,2	22,4	25,1	6,31
11	S.36	36	10,18	34,0	1,8	3,6	25,2	28,3	7,99
12	S.40	40	12,57	38,0	2,0	4,0	28,0	31,4	9,88
13	S.50	50	19,64	48,0	2,5	5,0	38,0	39,3	17,4

CATATAN Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran sirip adalah sebagai berikut:

a) Luas penampang nominal (L)

$$L = \frac{0,7854 \times d^2}{100} \quad (cm^2)$$ dibulatkan sampai 4 angka berarti

b) Keliling nominal (K)

K= 0,3142 x d (mm) dibulatkan sampai 1 angka desimal

c) Berat = 0,785 x L (kg/m) dibulatkan sampai 3 angka berarti

d) Jarak sirip melintang maksimum = 0,70 d dibulatkan sampai 1 angka desimal

e) Tinggi sirip minimum = 0,05 d dibulatkan sampai 1 angka desimal
Tinggi sirip maksimum = 0,10 d dibulatkan sampai 1 angka desimal

f) Jumlah berat rusuk maksimum = 0,25 K dibulatkan sampai 1 angka decimal

Tabel 1 Ukuran baja tulangan beton polos

No.	Penamaan	Diameter nominal (mm)	Luas penampang nominal (cm^2)	Berat nominal (kg/m)
1	P 6	6	0,2827	0,222
2	P 8	8	0,5027	0,395
3	P 10	10	0,7854	0,617
4	P 12	12	1,131	0,888
5	P 14	14	1,539	1,21
6	P 16	16	2,011	1,58
7	P 19	19	2,835	2,23
8	P 22	22	3,801	2,98
9	P 25	25	4,909	3,85
10	P 28	28	6,158	4,83
11	P 32	32	8,042	6,31

Tabel 6 Sifat mekanis

Kelas baja tulangan	Nomor batang uji	Uji tarik			Uji lengkung	
		Batas ulur kgf/mm^2 (N/mm^2)	Kuat tarik kgf/mm^2 (N/mm^2)	Regang min. %	Sudut lengkung	Diameter pelengkung (mm)
BjTP 24	No. 2 -------- No. 3	minimum 24 (235)	minimum 39 (383)	20 24	180°	3 x d
BjTP 30	No. 2 -------- No. 3	minimum 24 (294)	minimum 45 (441)	18 20	180°	d ≤ 16 = 3 x d d > 16 = 4 x d
BjTS 30	No. 2 -------- No. 3	minimum 24 (294)	minimum 45 (441)	16 18	180°	d ≤ 16 = 3 x d d > 16 = 4 x d
BjTS 35	No. 2 -------- No. 3	minimum 24 (343)	minimum 50 (491)	18 20	180°	d ≤ 16 = 3 x d 16 > d ≥ 40 = 4 x d d ≥ 50 = 5 x d
BjTS 40	No. 2 -------- No. 3	minimum 24 (392)	minimum 57 (559)	16 18	180°	5 x d
Bj TS 50	No. 2 -------- No. 3	minimum 24 (491)	minimum 63 (618)	12 14	90°	d ≤ 25 = 5xd d > 25 = 6 x d

CATATAN 1 Hasil uji Lengkung tidak boleh retak pada sisi luar lengkungan.

CATATAN 2 Untuk baja tulangan sirip ≥ S 30 nilai rengang dikurangi 2 %. Untuk baja tulangan sirip S 40 dan S 50 dikurangi 4 % dari nilai pada tabel 6.

CATATAN 3 1 N / mm^2 = 981 kgf/ mm^2

LAMPIRAN 4

TABEL PNEUMATIK

Air Cylinder(Stainless Tube) / Series AX

Standard Type	Bore Size (mm)	Standard Stroke (mm)	Port Size (Rc)	Page
Double Acting / Single Rod:AX Double Acting / Double Rod Single Acting Spring Return Spring Extended Non-Rotating Rod Type Non-Rotating Rod Type Direct mount Type : AXR Non-Rotating Rod Direct mount Type : AXKR	20 25 32 40	~ 300	1/8	A-21

Series AX

Air Cylinder Theoretical Force Table

Double acting cylinder

Unit: N

Series	Bore Size (mm)	Rod Size (mm)	Operating direction	Piston area (mm²)	Operating pressure (MPa) 0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
ACP	6	3	OUT	28.3	5.66	8.49	11.3	14.2	17.0	19.8	-	-	-
			IN	21.2	4.24	6.36	8.48	10.6	12.7	14.8	-	-	-
	10	4	OUT	78.5	15.7	23.6	31.4	39.3	47.1	55.0	-	-	-
			IN	66.0	13.2	19.8	26.4	33.0	39.6	46.2	-	-	-
	16	5	OUT	201	40.2	60.3	80.4	101	121	141	-	-	-
			IN	181	36.2	54.3	72.4	90.5	109	127	-	-	-
AX	20	8	OUT	314	62.8	94.2	126	157	188	220	251	283	314
			IN	264	52.8	79.2	106	132	158	185	211	238	264
	25	10	OUT	491	98.2	147	196	246	295	344	393	442	491
			IN	412	82.4	124	165	206	247	288	330	371	412
	32	12	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804
			IN	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691
	40	14	OUT	1260	252	378	504	630	756	882	1010	1130	1260
			IN	1100	220	330	440	550	660	770	880	990	1100