

**PERANCANGAN ALAT *BENDING* UNTUK PRODUK DUDUKAN
*HANDPHONE***

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

Riski Aldi Pratama

NIM 1072221

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN ALAT *BENDING* UNTUK PRODUK DUDUKAN *HANDPHONE*

Oleh:

Riski Aldi Pratama

NIM 1072221

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



(Idiar, S.S.T., M.T)

Pembimbing 2



(Subkhan, S.T., M.T)

Penguji 1



(Sugianto, S.T., M.T)

Penguji 2



(Herwandi, S.S.T., M.T., Ph.D)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Riski Aldi Pratama NIM : 1072221

Dengan Judul : PERANCANGAN ALAT *BENDING*
UNTUK PRODUK DUDUKAN *HANDPHONE*

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 31 Juli 2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Riski Aldi Pratama



ABSTRAK

Meningkatnya penggunaan ponsel memicu kebutuhan akanudukan ponsel yang ergonomis. Namun, pelaku UMKM masih banyak menggunakan teknik tekuk manual yang kurang akurat. Penelitian ini merancang alat bending sederhana untuk membentuk dudukan ponsel dari pelat logam, dengan mempertimbangkan aspek teknis, ergonomi, dan keselamatan. Proses perancangan meliputi studi pustaka, analisis gaya tekuk, penentuan celah punch-die, serta desain komponen seperti punch, die, shank, dan guide post. Material SKD11 dipilih untuk punch dan die, sedangkan ST 37 digunakan sebagai bahan produk. Simulasi Von Mises menunjukkan tegangan maksimum sebesar 0,9758 MPa (punch) dan 0,6489 MPa (die), masih jauh di bawah batas elastis material. Hasil ini membuktikan bahwa alat aman dan efisien, serta berpotensi diaplikasikan oleh UMKM dan institusi pendidikan.

Kata Kunci: Perancangan Alat Bending, Dudukan Telepon, UMKM, SKD11, ST 37, Punch dan Die, Simulasi Von Mises.

ABSTRACT

The increasing use of mobile phones has created a growing demand for ergonomic phone stands. However, many small and medium enterprises (SMEs) still rely on manual bending techniques that lack precision. This study aims to design a simple yet effective bending tool to shape metal sheets into phone stands, considering technical aspects, ergonomics, and work safety. The design process includes literature review, bending force analysis, punch-die clearance determination, and component design such as punch, die, shank, and guide post. SKD11 material was selected for the punch and die, while ST 37 steel was used for the product base. Von Mises simulation showed maximum stress values of 0.9758 MPa (punch) and 0.6489 MPa (die), which are well below the material's elastic limit. These results indicate that the tool is safe, efficient, and potentially applicable for SMEs and technical education institutions.

Keywords: Bending tool design, phone stand, SMEs, SKD11, ST 37, punch and die, Von Mises simulation.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT penulis panjatkan karena berkat rahmat, nikmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan dan menyusun laporan proyek akhir yang berjudul “Perancangan Alat *Bending* Untuk Produk Dudukan *Handphone*”. Laporan proyek akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan D-IV program studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Dalam pembuatan proyek akhir ini penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing serta berdoa sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini. Dengan itu perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran serta hidayahnya.
2. Kedua Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang serta doa yang tiada hentinya kepada penulis.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Dr. Ilham Ary Wahyudie, S.S.T. M.T. selaku Ka. Jurusan Rekayasa Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Idiar, S.S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Subkhan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

7. Dosen serta staf pengajar Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mengajar, mendidik dan memberikan saya ilmu selama berkuliah di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

8. Teman-teman seperjuangan yaitu seluruh Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin angkatan 29 Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Dalam penyusunan laporan proyek akhir ini, penulis menyadari bahwa terdapat banyak sekali kekurangan serta kesalahan, keterbatasan, kemampuan, dan juga pemahaman yang kurang maka penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Penulis sangat antusias dan terima baik atas kritik dan saran apabila terdapat kesalahan penulisan pada laporan proyek akhir. Hal ini demi perbaikan yang bersifat membangun serta memberikan pemahaman lebih yang penulis belum begitu mengerti dan paham. Demikian laporan yang penulis buat, penulis mengucapkan terima kasih dan berharap semoga dengan adanya proyek akhir yang penulis buat dapat menambah wawasan untuk kita semua dan teruntuk para pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sungailiat, 31 Juli 2025

Penulis

1. Riski Aldi Pratama

Tanda Tangan



DAFTAR ISI

PERANCANGAN ALAT <i>BENDING</i> UNTUK PRODUK DUDUKAN <i>HANDPHONE</i>	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Proyek Akhir	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Pengertian Proses <i>Bending</i>	4
2.2 Pemilihan Bahan Material Cetakan	5
2.3 Pengertian <i>Press Tool</i>	6
2.4 Fungsi Dasar Komponen-Komponen <i>Press Tool</i>	7
2.4.1. <i>Punch</i>	8

2.4.2. <i>Guide Post</i>	10
2.4.3. <i>Upper dan Lower Plate</i>	11
2.4.4. <i>Die</i>	12
2.4.5 <i>Locator</i>	13
2.4.6 <i>Shank</i>	14
2.4.7 Pena Penepat	15
2.5 <i>Clearance</i>	16
2.6. Rumus Gaya <i>Bending</i>	17
2.7 Baut Pengikat	18
2.8 Simulasi Tegangan <i>Von Mises</i>	19
2.9 Penelitian Sebelumnya	20
BAB III METODE PELAKSANAAN	22
3.1 Tahapan-tahapan kegiatan	22
3.2 Pengumpulan Data	23
3.3 Perhitungan Gaya <i>Bending</i> , dan <i>Clearance Punch & Die</i>	23
3.4 Pengantisipasi <i>Springback</i> Produk	24
3.5 Penentuan Geometri <i>Punch & Die</i>	24
3.6 Penentuan Dimensi Komponen Pendukung.....	25
3.7 Pemilihan Material.....	25
3.8 Penggambaran Alat <i>Bending</i> 2D & 3D	25
3.9 Simulasi Tegangan	26
4.0 Kesimpulan	26
BAB IV PEMBAHASAN	27

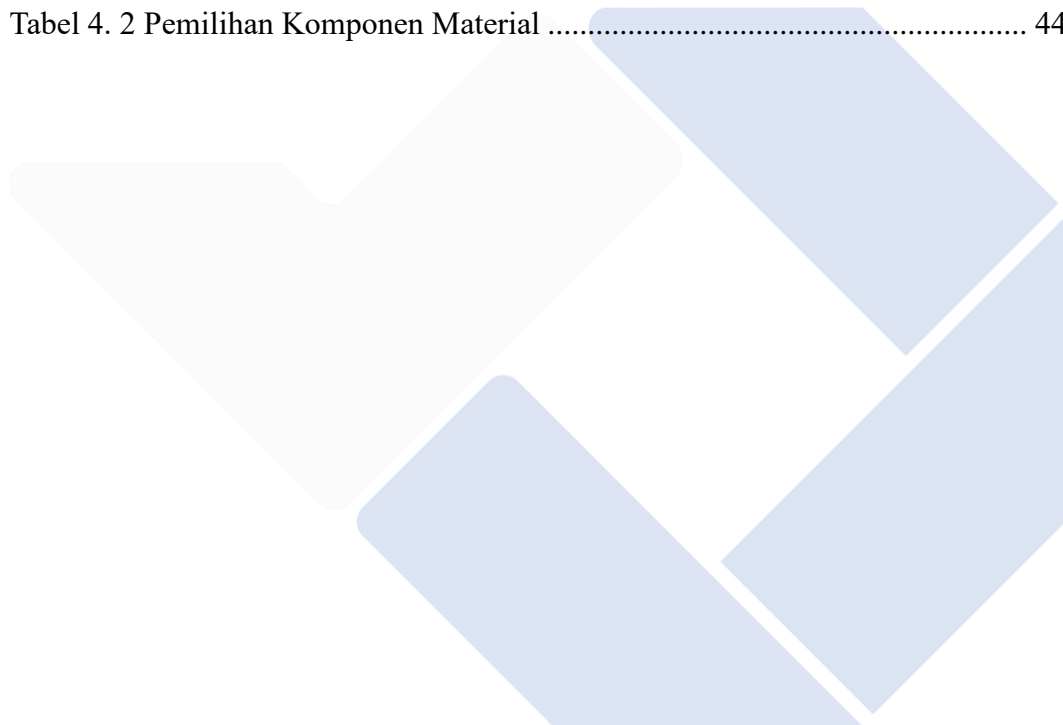
4.1 Pengumpulan Data	27
4.1.1 Spesifikasi Mesin <i>Press</i>	27
4.1.2 Dimensi Bentangan Produk yang akan di <i>Bending</i>	28
4.1.3 Spesifikasi Produk Dudukan <i>Handphone</i>	28
4.2 Perhitungan Gaya <i>Bending</i> , Dan <i>Clearance Punch & Die</i>	29
4.2.1 Perhitungan Gaya <i>Bending</i>	29
4.2.2 Penentuan <i>Clearance Punch & Die</i>	30
4.3 Pengantisipasi <i>Springback</i> Produk	32
4.4 Penentuan Geometri <i>Punch & Die</i>	33
4.6.1 Perhitungan Panjang <i>Punch</i>	33
4.6.2 Tebal <i>Upper-Lower Plate</i>	35
4.6.3 Perhitungan Ketebalan <i>Die</i>	36
4.5 Penentuan Dimensi Komponen Pendukung.....	37
4.5.1 Perancangan <i>Shank</i>	38
4.5.2 Perancangan <i>Guide Post</i>	39
4.5.3 Perancangan <i>Locator</i>	42
4.5.4 Perancangan Baut Pengikat.....	43
4.5.5 Perancangan Pena Penepat	43
4.6 Pemilihan Komponen Material	44
4.7 Penggambaran Alat <i>Bending</i> Final.....	45
4.8 Simulasi Tegangan <i>Von Mises</i> pada Perancangan <i>Punch & Die</i>	47
4.8.1 Simulasi Tegangan pada <i>Punch</i>	47
4.8.2 Simulasi Tegangan pada <i>Die</i>	48

BAB V PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	54



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Plat ST 37.....	6
Tabel 2. 2 <i>Upper-Lower Plate Thickness</i>	12
Tabel 2. 3 <i>Konstanta dies</i>	13
Tabel 2. 4 Standar Pena Penepat	16
Tabel 4. 1 Data Mesin <i>Press</i>	27
Tabel 4. 2 Pemilihan Komponen Material	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komponen utama <i>press tool</i>	8
Gambar 2. 2 <i>Guide Post</i>	10
Gambar 2. 3 Ukuran Standar Baut <i>Misumi</i>	19
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Tahap Kegiatan	23
Gambar 4. 1 Bentangan Produk	28
Gambar 4. 2 Spesifikasi Produk Jadi	29
Gambar 4. 3 Ukuran <i>Springback</i> Pada Produk	32
Gambar 4.4 Ukuran <i>Punch</i>	34
Gambar 4.5 Ukuran <i>Die</i>	37
Gambar 4. 6 Ukuran <i>Shank</i>	39
Gambar 4.7 Ukuran <i>Guide Post</i>	41
Gambar 4. 8 Ukuran <i>Locator</i>	42
Gambar 4.9 Rancangan Alat <i>Bending</i> Final	46
Gambar 4.10 Hasil Tegangan Material <i>Punch</i>	48
Gambar 4. 11 Hasil Tegangan Material <i>Die</i>	49

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.....	54
LAMPIRAN 2.....	56
LAMPIRAN 3.....	57



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kemajuan teknologi dan pergeseran gaya hidup masyarakat saat ini telah memengaruhi cara orang menggunakan perangkat elektronik, khususnya telepon genggam. Fungsi *handphone* kini telah berkembang dari sekadar alat komunikasi menjadi sarana serbaguna yang menunjang berbagai kegiatan, seperti bekerja, belajar, menikmati hiburan, hingga menyelesaikan pekerjaan sehari-hari. Seiring dengan meningkatnya frekuensi dan durasi penggunaan, muncul kebutuhan akan perangkat tambahan yang mampu memberikan kenyamanan, salah satunya adalah dudukan *handphone*. Perangkat ini tidak hanya mendukung efisiensi, tetapi juga membantu menjaga posisi tubuh tetap ideal, terutama saat penggunaan dalam waktu lama. Pemakaian aksesoris yang dirancang secara ergonomis seperti dudukan *handphone* dapat mengurangi ketegangan otot, khususnya di bagian leher dan bahu, serta mendukung kenyamanan selama penggunaan perangkat digital secara terus-menerus (Ramadhan & Indrawati, 2020).

Meningkatnya kebutuhan pasar terhadap dudukan *handphone* berbahan logam telah mendorong banyak pelaku usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) untuk memproduksinya secara mandiri. Namun, dalam praktiknya, sebagian besar masih mengandalkan teknik pembengkokan manual tanpa bantuan peralatan khusus yang sesuai. Akibatnya, produk yang dihasilkan sering kali kurang akurat, berisiko menimbulkan kecelakaan kerja, dan kurang efisien dari segi waktu produksi. Penerapan teknologi berupa alat bantu, berdampak positif terhadap peningkatan produktivitas, karena mampu mempercepat proses kerja sekaligus meminimalkan kesalahan akibat aktivitas manual (Iswandi, 2024).

Umumnya, alat *bending* yang dijual di pasaran ditujukan untuk industri berskala besar, sehingga harganya mahal dan spesifikasinya terlalu kompleks bagi pelaku UMKM maupun institusi pendidikan teknik. Padahal kelompok pengguna tersebut justru membutuhkan peralatan yang simpel, terjangkau, serta mudah dioperasikan. Oleh karena itu, diperlukan solusi berupa pengembangan alat *bending* yang lebih sederhana dan efisien secara biaya, namun tetap mampu menghasilkan hasil tekukan yang presisi dan variatif, sesuai dengan kebutuhan produk seperti dudukan *handphone*. Alat *bending* manual portabel, menurut Muttaqin et al. (2024), jika dirancang secara sederhana namun fungsional, terbukti mampu meningkatkan efisiensi kerja, memiliki ketahanan yang baik, dan tetap ekonomis, sehingga cocok diterapkan dalam berbagai kondisi lapangan. Meski demikian, perhatian terhadap aspek teknis seperti kekuatan material serta akurasi sudut tekuk tetap menjadi hal krusial agar alat tersebut dapat digunakan secara aman dan berkelanjutan. Dengan perancangan yang tepat, alat *bending* sederhana ini bisa menjadi solusi strategis bagi UMKM maupun institusi pendidikan dalam hal efisiensi biaya, keamanan, dan kualitas hasil produksi.

Selanjutnya, dalam proses perancangan alat *bending* ini, penting juga untuk mempertimbangkan ketahanan material alat terhadap gaya tekan selama proses pembentukan. Pemilihan bahan seperti baja karbon sedang atau baja paduan rendah menjadi salah satu opsi untuk memastikan alat memiliki umur pakai yang panjang dan tidak cepat aus. Menurut Hasibuan et al. (2019), penggunaan material S45C untuk pembuatan *punch* dan *die* dapat memberikan keseimbangan antara kekuatan tekan dan ketahanan aus, terutama dalam aplikasi *bending* skala ringan hingga menengah.

Melalui tugas akhir ini, penulis bertujuan untuk merancang dan membuat alat *bending* sederhana yang dapat digunakan untuk membentuk pelat logam menjadi produk dudukan *handphone*. Alat ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis dan ekonomis, terutama bagi pelaku UMKM dan institusi pendidikan teknik yang membutuhkan alat bantu produksi yang efisien, ergonomis, serta aman digunakan.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang ada sesuai dari latar belakang di atas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang cetakan *bending* untuk pembengkokan plat material ST 37 dengan ukuran sudut 60 derajat?
2. Bagaimana mensimulasikan tegangan pada komponen kritis dalam desain cetakan *bending* dudukan *handphone*?

1.3 Tujuan Proyek Akhir

1. Menghasilkan rancangan cetakan *bending* untuk produk dudukan *handphone*.
2. Mendapatkan nilai tegangan maksimum pada komponen cetakan *bending* yang masih berada di bawah elastis material, sehingga desain cetakan dianggap aman dan mampu menahan beban kerja selama proses pembengkokan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Proses *Bending*

Bending atau proses pembengkokan merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan dalam industri manufaktur untuk membentuk lembaran logam menjadi sudut atau lengkungan tertentu sesuai rancangan. Metode ini juga diterapkan pada pelat logam karena memungkinkan perubahan bentuk tanpa mengurangi massa material secara nyata. Proses ini bekerja dengan memberikan tekanan pada area tertentu dari pelat, sementara bagian lainnya dijaga agar tetap pada posisinya, sehingga material mengalami deformasi plastis yang bersifat tetap. Menurut Yadav, et al. (2021), teknik *bending* memainkan peran penting dalam proses fabrikasi logam, karena memungkinkan produksi komponen dengan tingkat presisi tinggi tanpa harus menghilangkan bagian dari bahan dasar.

Salah satu metode dalam pembentukan logam yang banyak diterapkan adalah proses *bending*, yaitu saat sebuah material diberikan tekanan hingga melampaui batas elastisnya, tetapi tidak sampai ke titik patah. Dalam tahap ini, logam mengalami perubahan bentuk permanen tanpa menimbulkan keretakan atau kerusakan pada strukturnya. Teknik ini cukup banyak digunakan di dunia industri manufaktur logam karena prosesnya sederhana, hemat biaya, dan mampu membentuk berbagai jenis komponen, mulai dari dudukan, rangka, hingga penopang. Menurut Rao & Padmanabhan, (2012), menyebutkan bahwa *bending* merupakan cara yang efisien dan terjangkau dalam produksi komponen logam, baik dengan desain sederhana maupun kompleks, terutama pada skala usaha kecil dan menengah.

Dalam proses *bending* pada pembentukan logam, terdapat dua parameter penting yang perlu diperhatikan, yaitu jari-jari lengkungan (*bending radius*) dan sudut tekukan (*bending angle*). Jika jari-jari terlalu kecil atau sudutnya terlalu sempit tanpa menyesuaikan dengan sifat mekanik dari bahan yang digunakan, maka kemungkinan munculnya cacat seperti retak, kerutan, atau bahkan kegagalan struktur menjadi lebih tinggi. Oleh sebab itu, penentuan radius dan sudut tekukan yang sesuai harus mempertimbangkan jenis bahan serta ketebalan pelat yang akan dibentuk. Menurut Miranda et al. (2024), mengemukakan bahwa bentuk geometri pada proses pembengkokan sangat mempengaruhi hasil akhir serta ketahanan komponen dalam penggunaannya.

Dengan mempertimbangkan teori dan temuan empiris dari berbagai penelitian, maka perancangan alat *bending* harus didasari pada pendekatan teknik yang terukur, mempertimbangkan semua faktor teknis dan karakteristik material. Hal ini akan menghasilkan alat *bending* yang optimal dan sesuai dengan kebutuhan produksi massal dudukan *handphone*.

2.2 Pemilihan Bahan Material Cetakan

Pada dasarnya, bahan yang dimanfaatkan untuk membuat cetakan dalam proses *bending* harus mampu menahan tekanan dan gesekan yang tinggi. Hal ini dikarenakan cetakan bersentuhan langsung dengan logam selama pembentukan, serta menerima tekanan berulang sepanjang operasionalnya. Di samping itu, permukaan cetakan juga perlu memiliki tingkat kekerasan tertentu guna menjaga ketelitian dan konsistensi bentuk selama masa pakai yang panjang. Salah satu material yang banyak digunakan adalah baja untuk cetakan dingin (*cold-work tool steel*) yang telah melalui proses pelapisan permukaan. Penelitian oleh Goncalves et al. (2019), menunjukkan bahwa jenis baja ini memiliki ketahanan aus yang meningkat setelah dilakukan perlakuan permukaan.

Meski begitu, pemanfaatan material ST 37 harus disesuaikan dengan jenis dan kondisi proses *bending* yang diterapkan. Jika alat *bending* dirancang untuk produksi dalam jumlah besar atau digunakan untuk membentuk plat logam dengan

ketebalan yang cukup tinggi, maka sebaiknya dipertimbangkan alternatif material cetakan dengan kualitas teknis yang lebih unggul. Contohnya adalah baja perkakas seperti AISI D2 atau SKD11 yang memiliki tingkat kekerasan serta ketahanan terhadap aus yang lebih baik. Berdasarkan penelitian oleh Kurniawan et. al. (2020), material SKD11 mampu mempertahankan bentuk dan ketajaman cetakan meskipun telah digunakan dalam ribuan siklus proses pembentukan.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Plat ST 37

No.	Parameter	Nilai/Informasi	Sumber
1.	Nama Material	ST 37	DIN 17100
2.	Jenis Baja	Baja karbon rendah (<i>mild steel</i>)	Kalpakjian & Schmid (2014)
3.	Kekuatan Tarik (<i>Tensile</i>)	370 – 510 MPa	Grover (2012)
4.	Standar Internasional	DIN 17100. EN S235 JR, JIS SS400. ASTM A36	DIN. ASTM, JIS
5.	Kekuatan Luluh (<i>Yield</i>)	≥ 235 MPa	Grover (2012)

(Sumber : Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing engineering and technology* (7th ed.). Pearson Education.)

2.3 Pengertian *Press Tool*

Dalam industri fabrikasi logam lembaran, *press tool* merupakan peralatan penting yang berperan dalam meningkatkan efisiensi proses dan menjaga konsistensi kualitas hasil produksi. Alat ini dioperasikan bersamaan dengan mesin *press* untuk melaksanakan berbagai jenis pekerjaan, seperti memotong, membentuk, maupun membengkokkan material melalui gaya tekan mekanis.

Umumnya, *press tool* terdiri dari dua komponen utama, yakni *punch* yang berfungsi sebagai bagian penekan, serta *die* yang berperan sebagai cetakan, yang keduanya bekerja secara bersamaan untuk membentuk material sesuai rancangan yang telah ditentukan (Kumar & Singh, 2019).

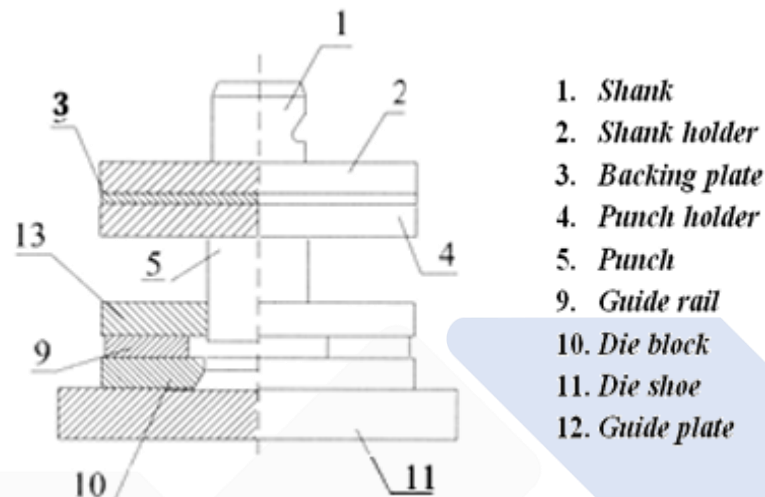
Secara umum, penggunaan *press tool* ditujukan untuk memperbaiki efisiensi produksi sekaligus menjaga konsistensi kualitas hasil akhir. Sistem ini menawarkan keunggulan seperti proses kerja yang lebih cepat, bentuk produk yang lebih seragam, serta peningkatan keselamatan operasional karena berkurangnya ketergantungan terhadap tenaga kerja manual. Menurut Rahman et al. (2021), dalam produksi dudukan *handphone*, pemanfaatan *press tool* yang dirancang dengan baik dapat menghasilkan lekukan dengan tingkat presisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses pembentukan secara manual.

2.4 Fungsi Dasar Komponen-Komponen *Press Tool*

Mesin *press* terdiri atas berbagai komponen utama yang memiliki fungsi spesifik dan saling mendukung dalam menjalankan proses pemotongan maupun pembentukan logam lembaran. Di antara komponen tersebut, *punch* dan *die* merupakan bagian paling esensial. *Die* berfungsi sebagai cetakan tetap yang menerima gaya tekan, sedangkan *punch* bertugas menekan material ke dalam *die* untuk menghasilkan bentuk sesuai desain yang diinginkan. Ketelitian antara pergerakan *punch* dan posisi *die* sangat berpengaruh terhadap akurasi hasil akhir. Untuk menjamin keselarasan tersebut, digunakan elemen tambahan seperti *guide pin* dan *bushing*, yang berperan mencegah pergeseran posisi akibat getaran atau kesalahan dalam penyusunan sistem (Rahman et al., 2021)

Dalam merancang alat *bending*, sangat penting untuk memahami peran utama dari setiap bagian dalam sistem *press tool*. Hal ini bertujuan agar alat yang dibuat dapat berfungsi secara maksimal, efisien, dan mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan standar desain. *Press tool* sendiri terdiri dari berbagai elemen yang saling terintegrasi, yang digunakan untuk melakukan proses pembentukan, pemotongan, atau penekukan lembaran logam dengan bantuan gaya tekan dari

mesin *press*. Dalam konteks pembuatan alat *bending* untukudukan *handphone*, setiap komponen *press tool* harus dirancang dengan fungsi dan tugas yang tepat sesuai kebutuhan operasionalnya.



Gambar 2. 1 Komponen utama *press tool*

(Sumber : Joshi, P.H., 2010)

2.4.1. *Punch*

Punch adalah elemen penting dalam mekanisme alat *press*, terutama dalam aplikasi pembengkokan pada lembaran logam. Komponen ini berperan untuk menyalurkan tekanan langsung ke benda kerja, sehingga material mengalami perubahan bentuk secara permanen dan membentuk sudut sesuai dengan desain yang ditentukan. Dalam proses pembentukan ini, *punch* bergerak kebawah secara vertikal, menekan material ke arah *die* hingga menghasilkan lipatan atau tekukan yang diinginkan. Menurut Suchy (2006), besarnya tegangan kompresi jika dibandingkan dengan tegangan ijin dari bahan *punch* dapat dilihat pada rumus dibawah ini:

$$\sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{a} \quad \text{dimana : } \sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin} \quad (2.1)$$

Keterangan :

σ_{comp} = Tegangan kompresi *punch* (kg/mm²)

σ_{ijin} = Tegangan kompresi ijin material *punch* (kg/mm²)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm²)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

t = Tebal plat (mm)

A = Luas penampang *punch* (mm)

Untuk mencegah terjadinya patah *punch*, panjang maksimum yang dapat digunakan bisa menggunakan rumus dalam persamaan (Boljanovic,2004);

$$\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_m}{4 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_s}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$L_{p\ max}$ = Panjang maksimum *punch* (mm)

I_m = Momen inersia penampang *punch* (kg/m²)

E = Modulus elastisitas material *punch* (kg/mm²)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm²)

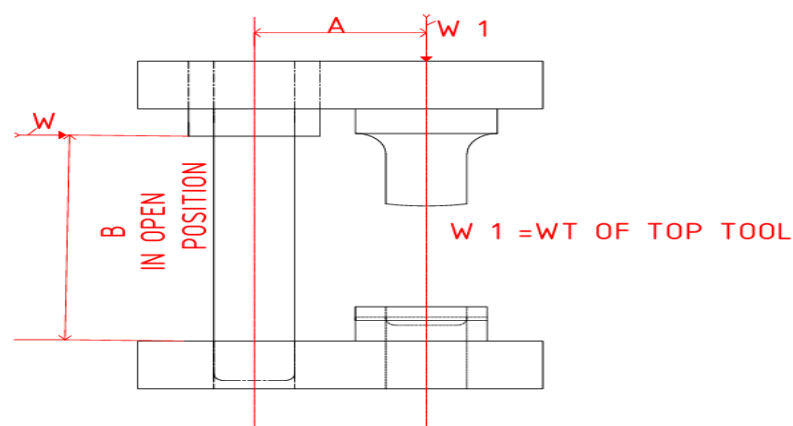
L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

t = Tebal plat (mm)

2.4.2. Guide Post

Berdasarkan studi yang dilakukan Rahman et., al (2021), menjelaskan bahwa keberadaan komponen seperti *guide post* dan *bushing* sangat penting dalam menjaga kestabilan kinerja sistem *press tool*, terutama pada proses berulang yang memerlukan tingkat akurasi tinggi. Sinergi antara *guide post* dan *bushing* memungkinkan terjadinya pergerakan linear yang halus dan presisi antara bagian atas dan bawah *die set*, sehingga kualitas hasil pembentukan logam dapat lebih konsisten dan tepat sesuai rancangan. Penjelasan mengenai fungsi dan posisi *guide post* dapat dilihat pada Gambar 2.2, yang menggambarkan hubungan antara *guide post* dan *bushing* dalam sistem *die set*. Selanjutnya, rumus perhitungan *guide post* disajikan pada Persamaan (2.3a), sedangkan rumus perhitungan untuk konfigurasi *2 pillar die set* ditampilkan pada Persamaan (2.3b). Kedua rumus tersebut merujuk pada literatur yang dikemukakan oleh P.H. Joshi (2010).

Peran utama dari *guide post* adalah menjaga agar *punch* tetap bergerak lurus dan sejajar terhadap *die* selama seluruh proses kerja berlangsung. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya penyimpangan posisi akibat getaran, gesekan, maupun kesalahan dalam perakitan komponen. Tingkat ketepatan ini sangat esensial dalam proses *bending* dudukan *handphone*, di mana keseragaman sudut lengkung sangat memengaruhi stabilitas dan dimensi ergonomis dari produk akhir (Prasad & Kannan, 2017).



Gambar 2. 2 Guide Post

(Sumber : Joshi, P.H., 2010)

$$W_I \times A = W \times B$$

$$W = \frac{W_I \times A}{B}$$

Keterangan :

W_I = Berat alat atas (kg)

A = Panjang lengan atau jarak dari titik tumpu ke gaya W_1

B = Panjang lengan atau jarak dari titik tumpu ke gaya W_1

W = Gaya atau beban pada sisi kedua

Untuk menghitung kedua pada *guide post* di butuhkan rumus seperti yang tercantum dibawah ini (Joshi, P.H., 2010).

$$\text{Diameter } pillar = \sqrt[4]{\frac{WB^3}{61.2}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

WB = Lebar bidang kerja (mm)

WB^3 = Pangkat 3 dari lebar blank, digunakan menghitung volume relatif

61,2 = Konstanta pembagi

2.4.3. Upper dan Lower Plate

Upper Plate adalah sebagaiudukan bagi *punch* atau bagian yang menekan material selama proses *bending* berlangsung, sedangkan *Lower Plate* sebagai landasan atau tempat pemasangan *dies*, yaitu bagian cetakan yang menahan material dari bawah saat ditekan oleh *punch* dari atas (Boljanovic, V, 2004). Tabel *upper* dan *lower plate* dapat diketahui melalui Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2. 2 *Upper-Lower Plate Thickness****Cutting Force (kN) Upper-Lower Plate Thickness (mm)***

Up to 100	38
100 to 300	50
300 to 600	63.5
600 to 900	76
900 to 1200	89
1200 to 1500	101.5
1500 to 2000	127
Over 2000	152.5

(Sumber : Joshi, P. H. (1999). *Machine tools handbook: Design and operation*. McGraw-Hill.)

2.4.4. Die

Dies adalah bagian penting penting dari *press tool* yang berfungsi sebagai landasan bawah dalam proses pembentukan logam. Dalam proses *bending*, *die* berperan sebagai tempat penopang benda kerja yang akan dibengkokkan, sekaligus menjadi penentu bentuk akhir dari produk yang dihasilkan. Bentuk dan ukuran geometris *die* memiliki pengaruh besar terhadap hasil pembengkokkan, terutama dalam hal akurasi sudut, radius lengkung, serta mutu permukaan hasil akhir. Menurut (Boljanoviv, 2004) tebal minimum *dies* dapat dihitung menggunakan persamaan seperti dibawah ini :

$$h_d = (10 + 5t + 0,7\sqrt{a + b}) C_d \quad (2.4)$$

Keterangan :

h_d = Tebal *dies* (mm)

t = Tebal plat (mm)

a = Panjang *dies* (mm)

b = Lebar *dies* (mm)

C_d = Konstanta *dies*

Nilai dari konstanta *dies* dapat diketahui melalui table 2.3 berikut :

Tabel 2. 3 Konstanta *dies*

σ_u material <i>dies</i> (MPa)	177	245	392	784
C_d	0.6	0.8	1.0	1.3

(Sumber : Joshi, P. H. (1999). *Machine tools handbook: Design and operation*. McGraw-Hill.)

2.4.5 Locator

Dalam proses perancangan alat bantu produksi seperti *press tool* pada operasi pembengkokan (*bending*), *locator* berperan sebagai elemen kunci yang berfungsi untuk menjaga agar benda kerja berada pada posisi yang tetap dan tepat, baik sebelum maupun selama proses deformasi berlangsung. Peran utamanya adalah untuk memastikan posisi benda kerja sesuai dengan titik referensi yang telah ditentukan, sehingga mencegah terjadinya pergeseran yang dapat menimbulkan ketidaksesuaian ukuran atau bentuk pada produk akhir. Tingkat akurasi dalam proses penempatan ini menjadi sangat krusial, terutama dalam pembuatan dudukan *handphone*, di mana presisi sudut dan bentuk hasil *bending* menentukan kenyamanan penggunaan serta kesesuaian terhadap standar ergonomi.

Di samping itu, rancangan penempatan *locator* juga perlu memikirkan unsur kemudahan saat proses pemasangan (*loading*) dan pelepasan (*unloading*) benda kerja. Apabila desainnya terlalu kompleks, hal ini bisa memperlambat laju produksi serta meningkatkan risiko kesalahan posisi akibat penempatan benda kerja yang tidak tepat oleh operator. Oleh sebab itu, perancang alat *bending* perlu merancang posisi *locator* secara strategis agar proses *setup* menjadi lebih efisien, namun tetap mempertahankan tingkat akurasi dalam pemosisian (Sutikno & Santosa, 2017).

2.4.6 *Shank*

Firmansyah dan Sari (2020) mengemukakan bahwa *shank* memiliki fungsi yang krusial dalam mempertahankan kestabilan pergerakan vertikal serta memastikan posisi *punch* tetap akurat selama proses pembentukan logam berlangsung. Apabila *shank* di desain dengan ukuran dan toleransi yang tepat, maka risiko terjadinya pergeseran posisi dapat dikurangi secara signifikan, sehingga mutu produk yang dihasilkan tetap konsisten dan bebas dari kesalahan dimensi akibat missalignment selama proses kerja.

Dalam merancang *shank* pada perangkat *bending*, penting untuk memperhitungkan kekuatan bahan, kekakuan strukturnya, serta desain geometrisnya agar gaya kerja dapat disalurkan secara efektif dan aman selama operasi berlangsung. Selain itu, *shank* bisa dibuat sebagai sambungan tetap ataupun model yang dapat dilepas, tergantung pada kebutuhan pemakaian alat serta kemudahan dalam perawatan. Perancangan *shank* yang tepat turut memberikan dampak besar terhadap daya tahan alat *bending* dan menjamin kualitas hasil pembentukan logam yang stabil dari waktu ke waktu. Nilai *shank* untuk dapat dihitung menggunakan rumus yang tercantum dalam persamaan berikut (Sharma, P. C. 1999).

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \sigma \cdot t}} \quad (2.5)$$

Keterangan :

d = Diameter *shank* (mm)

F = Gaya tekan atau kapasitas *press* (N)

σ_t = Tegangan tarik ijin bahan *shank* (N/mm²)

π = Konstanta pi (≈ 3.1416)

2.4.7 Pena Penepat

Pena penepat atau *dowel pin* merupakan salah satu komponen mekanik yang berperan penting dalam proses perakitan cetakan pada sistem *press tool*, termasuk dalam alat *bending*. Fungsinya adalah untuk memastikan posisi relatif antara dua bagian yang dirakit seperti antara *die* atas dan *die* bawah tetap presisi dan tidak mengalami pergeseran. Presisi ini sangat krusial dalam menjaga keselarasan antara *punch* dan *die*, karena sedikit saja posisi dapat memengaruhi sudut hasil tekukan dan menurunkan kualitas produk. Menurut penelitian oleh (Hartanto & Wibowo, 2020), menyatakan penggunaan pena penepat yang dirancang secara tepat mampu meningkatkan kestabilan cetakan dan meminimalisir kesalahan dimensi pada produk logam yang dibentuk.

Pada proses perancangan alat *bending* ini, bahan yang dipilih untuk pembuatan pena penepat adalah baja paduan jenis SUJ2. Material ini termasuk dalam kelompok baja karbon tinggi, dengan kandungan karbon berkisar antara 0,95 sampai 1,10 persen serta unsur kromium sekitar 0,50 hingga 0,70 persen. SUJ2 banyak digunakan karena memiliki karakteristik mekanik yang unggul, seperti kekuatan yang tinggi, permukaan yang keras, serta daya tahan terhadap keausan. Oleh karena itu, baja ini sangat cocok untuk komponen-komponen yang beroperasi dalam kondisi beban tinggi dan membutuhkan akurasi, seperti poros, bantalan (*bearing*), dan pena penepat. (Nugroho & Suryawan 2020), menyatakan bahwa baja SUJ2 menunjukkan kinerja mekanik yang konsisten dalam berbagai aplikasi industri yang menuntut ketahanan terhadap gesekan dan tekanan berulang.

Tabel 2. 4 Standar Pena Penepat

Tebal Dies	Minimum Baut	Minimum Pena
19	M8	Ø 6
24	M8	Ø 8
29	M10	Ø 10
34	M10	Ø 10
41	M12	Ø 12
48	M16	Ø 16

(Sumber : Joshi, P. H. (1999). *Machine tools handbook: Design and operation*. McGraw-Hill.)

2.5 Clearance

Clearance adalah merujuk pada ruang atau celah antara *punch* (alat tekan) dan *die* (cetakan) selama proses pemotongan atau pembentukan logam. Besar *clearance* biasanya disesuaikan dengan ketebalan serta jenis material yang dipakai. Besar *clearance* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6a) (Boljanovic, 2004) dan persamaan (2.6b) (Polback, 1998) yaitu sebagai berikut :

$$C = \frac{k \cdot t \cdot \sqrt{0.7 \sigma_u}}{2} \quad (2.6)$$

Keterangan :

c = *Clearance* (mm)

t = Tebal plat (mm)

k = Koefisien tipe *dies* (0,005)

σ_u = Tegangan *ultimate* plat

$$c = a \cdot t$$

Keterangan :

c = Clearance (mm)

t = Tebal plat (mm)

a = Allowance (%)

2.6. Rumus Gaya Bending

Pada tahap perancangan alat *bending*, perhitungan teknis memegang peranan penting guna memastikan bahwa produk yang dihasilkan memiliki dimensi yang tepat dan sesuai toleransi. Salah satu aspek perhitungan yang perlu diperhatikan dalam proses pembentukan logam adalah menentukan seberapa panjang material awal yang diperlukan agar setelah dilakukan pembengkokan, hasil akhirnya tetap mengikuti ukuran yang telah direncanakan. Menurut (Vukota Boljanovic), rumus menghitung *bending* dapat di lihat pada persamaan dibawah ini :

$$F = \frac{K \cdot \sigma_y \cdot b \cdot t_2}{R} \quad (2.7)$$

Keterangan :

F = Gaya *bending* (N)

K = Faktor koreksi berdasarkan jenis proses dan bentuk *dies* (biasa berkisar antara 1,33-1,5)

σ_y = Tegangan luluh material (MPa)

b = Lebar plat yang di *bending* (mm)

t = Ketebalan pelat (mm)

R = Jari-jari cetakan (*die radius*) atau radius tikungan hasil *bending* (mm)

2.7 Baut Pengikat

Dalam proses perancangan alat *bending*, terdapat elemen yang kerap kali dianggap remeh namu sangat vital, yaitu pemilihan baut pengikat (*fastener*). Komponen ini berperan penting dalam menghubungkan bagian-bagian utama seperti *punch*, *dies*, *upper plate*, dan *lower plate*, sehingga terbentuk struktur yang kokoh, akurat, dan mampu menahan beban selama proses pembungkukan berlangsung. Oleh karena itu, pemilihan baut dari segi jenis, ukuran, hingga tingkat kekuatannya harus dilakukan secara cermat untuk menjamin keamanan dan kriteria alat secara optimal.

Baut pengikat berfungsi sebagai komponen penting dalam menyatukan bagian-bagian dalam suatu sistem mekanis, yang memerlukan kekuatan sambungan dan tingkat presisi yang tinggi. Umumnya, penggunaan baut disertai dengan mur dan *washer* guna meningkatkan kestabilan serta membantu mendistribusikan beban secara merata pada titik sambungan. Salah satu material yang banyak diaplikasikan dalam pembuatan baut adalah baja paduan tipe SCM435, yang mengandung elemen krom dan molibdenum. Baja ini memiliki karakteristik berupa kekuatan tarik yang unggul, daya tahan terhadap kelelahan material, serta kemampuan menyerap getaran dan beban siklik dengan baik. Fadilah dan Haryanto (2020), menyatakan bahwa SCM435 sangat sesuai digunakan dalam sektor permesinan dan otomotif karena mampu menghasilkan sambungan yang kokoh dan presisi, terutama pada kondisi kerja dengan tekanan tinggi.



TYPE BAUT	T	P	D	d1	d2	UKURAN ULIR
4 X 15 X 0,7	3,7 MM	15 MM	4 MM	3,2 MM	6,8 MM	0,7
5 X 10 X 0,8	4,8 MM	10 MM	5 MM	4,7 MM	8 MM	0,8
5 X 12 X 0,8	4,8 MM	12 MM	5 MM	4,4 MM	8,4 MM	0,8
5 X 10 X 0,8	4,8 MM	10 MM	5 MM	4,5 MM	8,5 MM	0,8
6 X 12 X 1	5,8 MM	12 MM	6 MM	5,6 MM	10 MM	1
6 X 20 X 1	5,3 MM	20 MM	6 MM	5,8 MM	9,4 MM	1
6 X 30 X 1	5,3 MM	30 MM	6 MM	6 MM	9,4 MM	1
8 X 20 X 1,25	7,3 MM	20 MM	8 MM	7 MM	12,3 MM	1,25
10 X 20 X 1,5	10 MM	20 MM	10 MM	9,5 MM	15,5 MM	1,5
10 X 30 X 1,5	10 MM	30 MM	10 MM	9,5 MM	15,5 MM	1,5

Gambar 2. 3 Ukuran Standar Baut *Misumi*

(Sumber : <https://id.misumi-ec.com/>)

2.8 Simulasi Tegangan *Von Mises*

Hasil studi yang dipublikasikan oleh Yadav et al. (2021), menunjukkan bahwa pendekatan *Von Mises* sangat efektif dalam mengevaluasi sebaran tegangan pada proses pembentukan logam, khususnya pada bagian-bagian yang mengalami tekanan berulang dalam intensitas tinggi. Penelitian ini menggaris bawahi bahwa metode *Von Mises* tidak hanya memberikan visualisasi yang jelas, tetapi juga menghasilkan data numerik yang akurat mengenai pola distribusi tegangan, sehingga sangat bermanfaat dalam menganalisis efisiensi desain dan penyempurnaan bentuk geometri alat.

Sedangkan simulasi tegangan *Von Mises* adalah proses menggunakan perangkat lunak analisis numerik seperti *SolidWorks Simulation* untuk:

1. Memodelkan komponen (misalnya *punch*, *die*, dan pelat)
2. Menerapkan beban kerja dan batasan (seperti gaya tekan dari *punch*)
3. Menghitung distribusi tegangan *Von Mises* di seluruh komponen
4. Menganalisis apakah nilai tegangan berada dibawah atau melebihi tegangan luluh

Tujuan utama dari simulasi tegangan *Von Mises* adalah untuk mengetahui apakah suatu bagian akan aman atau menentukan area lemah yang berisiko patah atau deformasi plastis. Hasil umum dari simulasi yaitu peta warna menunjukkan distribusi tegangan, warna merah tegangan tinggi sedangkan hijau atau biru tegangan rendah. Jika nilai maksimum tegangan luluh berarti aman sedangkan jika nilai maksimum tegangan luluh berisiko gagal.

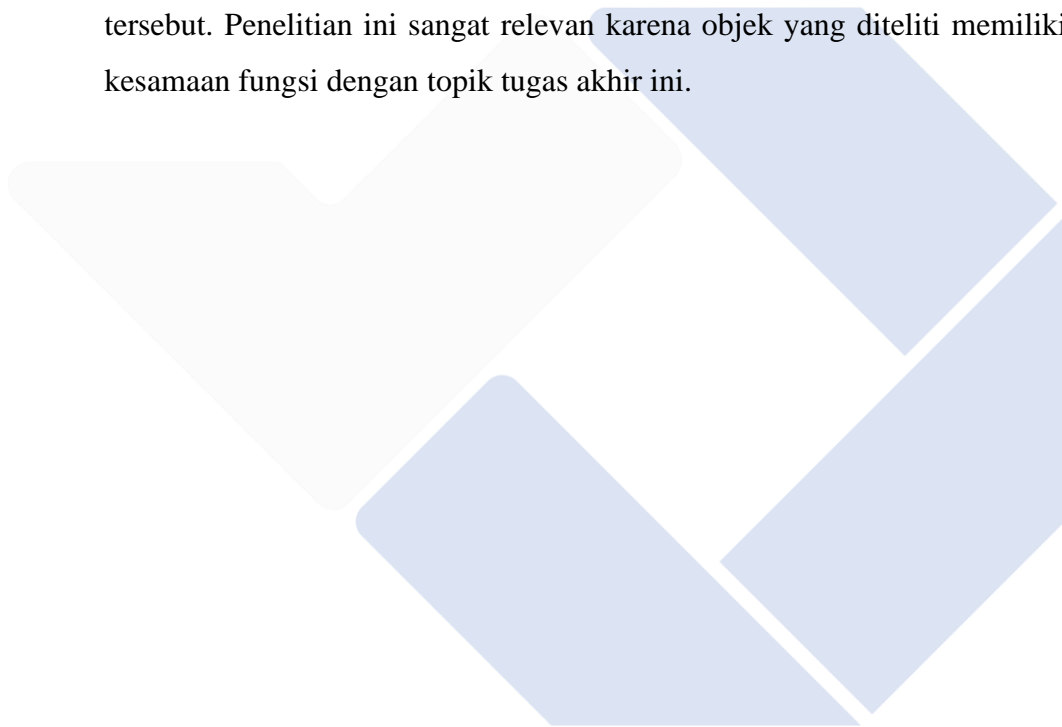
2.9 Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah studi terkait memberikan wawasan penting mengenai faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam merancangudukan *handphone* yang efektif dalam penggunaannya:

1. Ramadhan dan Indrawati (2020) melakukan penelitian mengenai perancangan dan analisis cetakan *bending* untuk proses pembentukan plat logam. Dalam penelitian ini, mereka merancang komponen cetakan seperti *punch* dan *die* dengan mempertimbangkan gaya tekan, material, dan proses kerja. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemilihan material dan dimensi *punch-die* sangat mempengaruhi ketahanan alat serta presisi hasil *bending*. Penelitian ini menjadi salah satu referensi utama dalam merancang komponen cetakan pada tugas akhir ini.
2. Penelitian oleh Hartanto dan Wibowo (2021) berfokus pada studi eksperimental dan simulasi proses *bending* menggunakan lembaran logam. Mereka menganalisis pengaruh ketebalan material dan variasi gaya tekan terhadap bentuk akhir hasil *bending*. Dengan memanfaatkan simulasi berbasis *FEM (Finite Element Method)*, penelitian ini menyimpulkan bahwa terjadi deformasi signifikan ketika ketebalan tidak sesuai dengan spesifikasi alat. Temuan ini menjadi acuan dalam menentukan parameter desain alat *bending* pada produkudukan *handphone*.
3. Yulianto dan Sari (2022) mengembangkan desain *jig* dan *fixture* untuk proses *bending* pada material *stainless steel*. Penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pemahaman tentang stabilisasi dan pengulangan posisi benda kerja saat proses *bending* berlangsung.

Keberadaan *jig* dan *fixture* yang tepat terbukti meningkatkan efisiensi waktu produksi serta akurasi bentuk produk. Konsep ini akan digunakan sebagai dasar untuk mempertimbangkan penambahan sistem penjepit atau pengunci dalam desain alat.

4. Penelitian dari Iswandi (2024) secara spesifik meneliti optimasi sudut *bending* pada produk dudukan *handphone* berbahan aluminium. Studi ini menekankan pentingnya penyesuaian sudut pembengkokan terhadap bentuk akhir dan kenyamanan penggunaan. Penggunaan simulasi perangkat lunak *CAD* serta uji coba langsung menjadi pendekatan utama dalam penelitian tersebut. Penelitian ini sangat relevan karena objek yang diteliti memiliki kesamaan fungsi dengan topik tugas akhir ini.

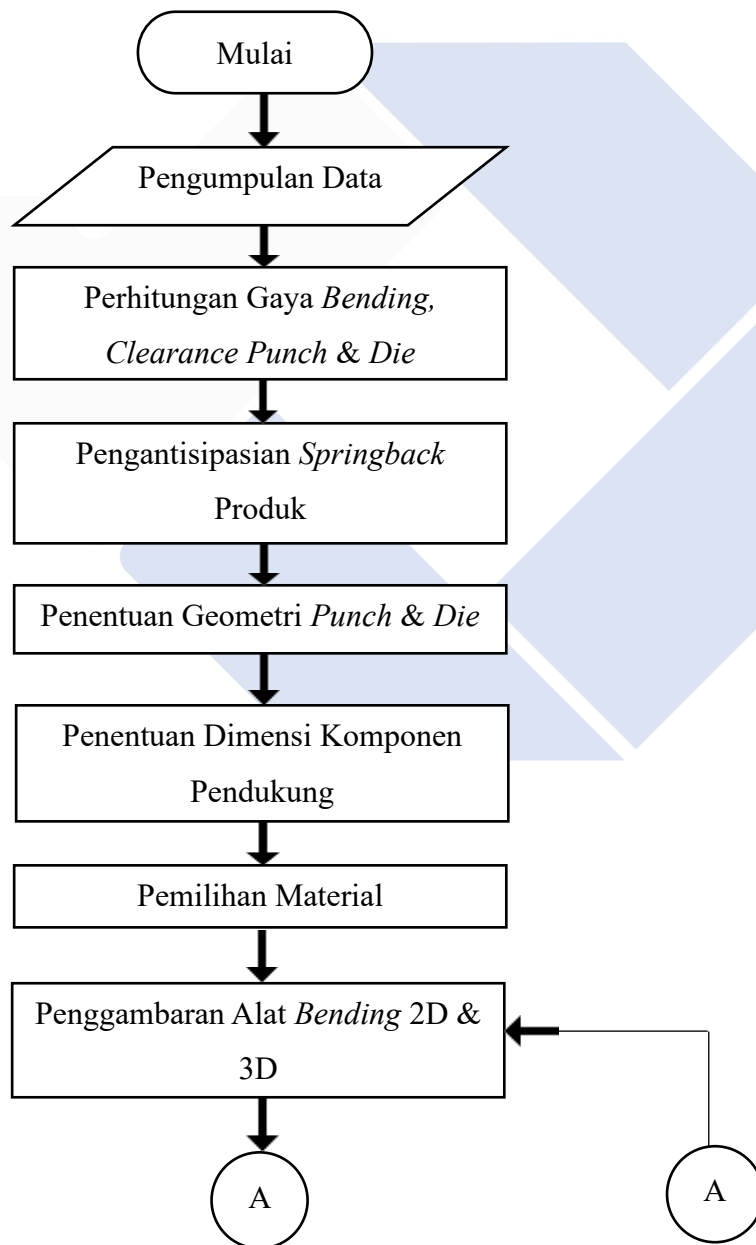


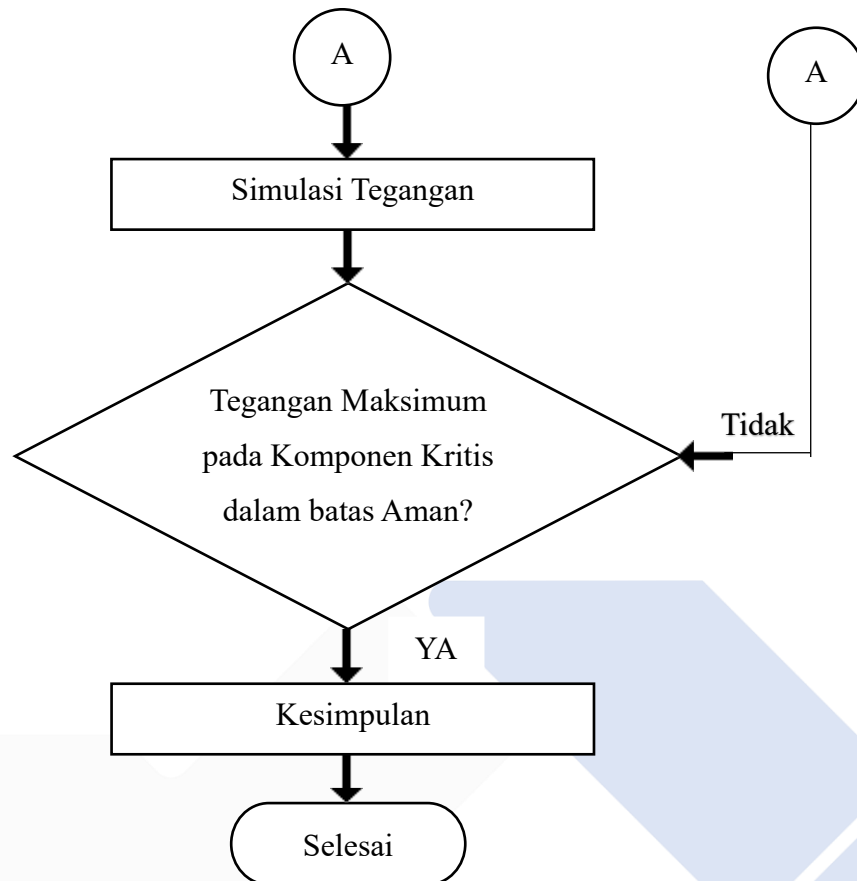
BAB III

METODE PELAKSANAAN

3.1 Tahapan-tahapan kegiatan

Kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan pada proyek akhir ini dirancang sesuai dengan tahapan pelaksanaan dalam bentuk diagram alir pada Gambar (3.1).





Gambar 3. 1 *Flowchart* Tahap Kegiatan

3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini melibatkan pencarian dan pengumpulan berbagai informasi teknis yang dibutuhkan, termasuk data mengenai mesin *press* yang akan dimanfaatkan, detail spesifikasi operasionalnya, serta acuan proses *bending* yang diambil dari literatur dan sumber jurnal ilmiah yang relevan.

3.3 Perhitungan Gaya *Bending*, dan *Clearance Punch & Die*

Dalam perancangan alat *bending* untuk dudukan *handphone*, langkah awal yang penting adalah menghitung gaya *bending* serta menentukan *clearance* antara *punch* dan *die*. Gaya *bending* dipengaruhi oleh jenis material, ketebalan pelat, panjang tekukan, dan sudut pembengkokan. Pada perancangan ini digunakan pelat baja ST 37 setebal 2 mm dengan panjang tekukan 100 mm dan menggunakan *V-die*. Lebar celah *die* ditetapkan sekitar 6–8 kali ketebalan pelat, sesuai standar umum. Setelah diperoleh gaya *bending* yang dibutuhkan, ditentukan pula nilai

clearance sekitar 8% dari ketebalan pelat. Penetapan kedua aspek ini sangat penting untuk menjamin hasil tekukan yang presisi serta mendukung kinerja alat yang optimal.

3.4 Pengantisipasi *Springback* Produk

Springback adalah gejala ketika pelat logam sedikit kembali ke posisi semula setelah proses pembungkukan selesai, disebabkan oleh sifat elastis bahan. Kondisi ini bisa menyebabkan hasil akhir tidak sesuai dengan sudut desain yang telah direncanakan. Masalah ini menjadi perhatian penting dalam merancang alat *bending* untukudukan *handphone*, karena ketepatan bentuk sangat diperlukan. Untuk mengurangi dampaknya, sudut tekukan pada *punch* dan *die* disesuaikan lebih kecil dari sudut akhir yang diharapkan, sehingga setelah pelat mengalami *springback*, bentuk akhirnya tetap sesuai. Selain itu, pemilihan radius *punch* yang sesuai juga membantu meminimalkan efek ini. Dengan langkah-langkah antisipasi tersebut, produk yang dihasilkan dapat lebih akurat tanpa perlu dilakukan pembungkukan ulang, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi.

3.5 Penentuan Geometri *Punch & Die*

Menentukan bentuk *punch* dan *die* merupakan langkah krusial dalam merancang alat *bending* untukudukan *handphone*, karena hal ini sangat berpengaruh terhadap ketepatan hasil tekukan. *Punch* dirancang dengan radius yang disesuaikan guna mengurangi potensi *springback* serta menghindari kerusakan seperti retak pada material. Sementara itu, ukuran *die* disesuaikan dengan celah yang ideal, agar proses pembentukan dapat berlangsung dengan baik. Di samping pertimbangan teknis, desain keduanya juga dibuat seefisien mungkin sederhana dan mudah dalam proses perakitan guna mempermudah perawatan serta menunjang kelancaran produksi.

3.6 Penentuan Dimensi Komponen Pendukung

Dalam merancang alat *bending* untuk pembuatan dudukan *handphone*, ukuran komponen pendukung seperti *shank*, *guide post*, *locator*, baut atau pena, serta *upper* dan *lower plate* perlu disesuaikan secara cermat untuk menjaga kestabilan dan ketelitian kerja alat. *Shank* dibuat cukup kokoh agar mampu memberi tekanan dari mesin ke *punch* secara efektif, sementara *guide post* memastikan pergerakan vertikal tetap lurus dan tidak bergeser. *Locator* digunakan untuk menentukan posisi pelat secara akurat sebelum proses pembengkokan. Baut dan pena berfungsi sebagai pengikat yang mampu menahan gaya geser antar komponen secara aman. *Upper* dan *lower plate* dirancang dengan ketebalan yang memadai guna menahan tekanan *bending* tanpa mengalami perubahan bentuk. Ketepatan dalam menentukan dimensi setiap komponen ini sangat berperan dalam menjamin proses pembentukan berjalan optimal, presisi, dan tahan dalam jangka panjang.

3.7 Pemilihan Material

Pemilihan material dalam perancangan alat *bending* untuk dudukan *handphone* sangat penting karena memengaruhi kekuatan, daya tahan, dan umur pakai alat. *Punch* dan *die* menggunakan material seperti SKD11 yang tahan aus dan mampu menahan gaya tekan tinggi. *Upper* dan *lower plate* dipilih dari baja karbon menengah seperti S45C yang cukup kuat namun mudah dikerjakan. Komponen pendukung seperti *shank*, *guide post*, dan baut menggunakan material yang tahan beban dinamis dan korosi. Pemilihan material yang tepat memastikan alat bekerja optimal, awet, dan minim perawatan.

3.8 Penggambaran Alat *Bending* 2D & 3D

Penggambaran alat *bending* dalam bentuk 2D dan 3D merupakan langkah penting setelah seluruh perhitungan dan penentuan dimensi selesai. Gambar 2D digunakan sebagai acuan teknis saat proses pembuatan, sedangkan model 3D membantu memvisualisasikan bentuk alat secara keseluruhan serta memudahkan analisis perakitan. Proses ini dilakukan menggunakan *software* CAD atau *Solidworks* untuk memastikan setiap komponen, seperti *punch*, *die*, dan rangka,

tergambar dengan presisi. Dengan penggambaran ini, kesalahan produksi dapat diminimalkan dan desain dapat divalidasi sebelum alat dibuat secara fisik.

3.9 Simulasi Tegangan

Tegangan *Von Mises* digunakan sebagai pendekatan untuk menilai tegangan gabungan yang terjadi pada suatu titik material, dengan mempertimbangkan pengaruh tegangan tarik dan geser secara bersamaan. Metode ini banyak dimanfaatkan dalam dunia teknik karena mampu merepresentasikan kondisi kegagalan plastis yang sebenarnya pada material padat. Dalam penerapannya, *punch* dan *die* berbahan SKD11 dianalisis guna melihat distribusi tegangan saat menerima beban tekanan sesuai dengan kondisi kerja yang dirancang.

4.0 Kesimpulan

Setelah seluruh rangkaian proses perancangan telah terselesaikan dan hasil analisis tegangan menunjukkan bahwa alat berada dalam kondisi aman untuk digunakan, maka tahap selanjutnya adalah menyusun kesimpulan. Bagian ini berisi ringkasan mengenai keberhasilan desain yang telah dibuat, tingkat keandalan alat dalam penggunaannya, serta kemungkinan penerapannya dalam sektor industri maupun produksi berskala kecil hingga menengah.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil dari proses *bending* yang dirancang khusus untuk memproduksi dudukan *handphone*. Dalam pembahasannya, dijelaskan secara rinci tahapan-tahapan perancangan. Pemilihan bahan, perhitungan teknis, serta penilaian terhadap kinerja alat sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang sebelumnya. Selain itu, dilakukan juga peninjauan terhadap sejauh mana desain alat tersebut mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penggunaannya.

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Spesifikasi Mesin Press

Dalam merancang alat *bending* untuk dudukan *handphone*, mesin *press* menjadi elemen kunci yang berperan dalam proses pembengkokan material. Karena itu, penting untuk memahami spesifikasi serta data teknis mesin *press* agar desain alat dapat disesuaikan dengan kapasitas dan karakteristik mesin tersebut. Dibawah ini data spesifikasi mesin *press* AIDA NCI – 80 kapasitas 80T.

Tabel 4. 1 Data Mesin Press

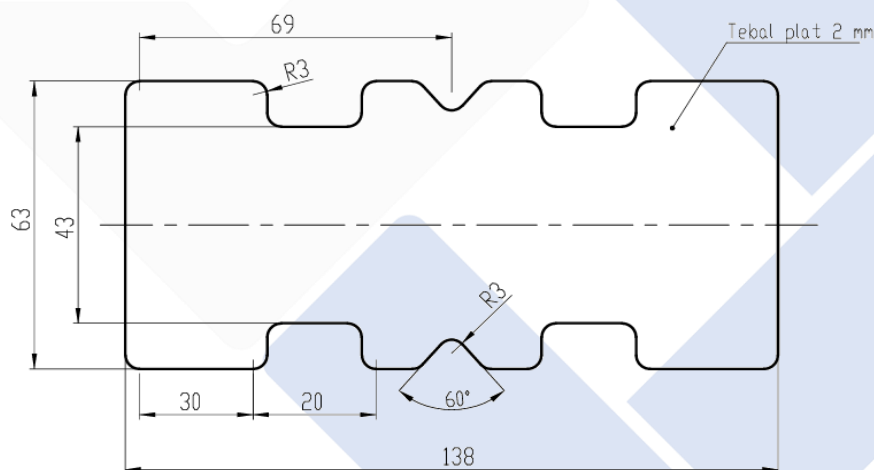
No.	Komponen	Spesifikasi
1.	Nominal Force (kN)	800
2.	<i>Slide Adjust</i> (mm)	80 mm
3.	<i>Number of Strokes</i> (T/min)	35-50 T/ 1,71-1,2 min
4.	<i>Max Die Set Height</i> (mm)	400 mm
5.	<i>Slide Block Stroke</i> (mm)	200 mm

6. *Distance Slide Block* 650 mm
Center to Frame (mm)

(Sumber : PT. *Samatech* Indonesia)

4.1.2 Dimensi Bentukan Produk yang akan di *Bending*

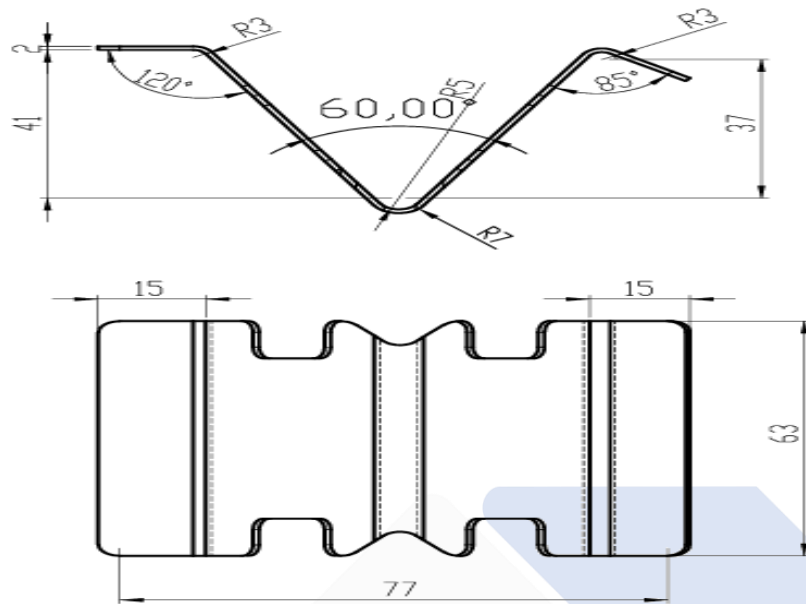
Di tahap awal perancangan alat *bending*, pemahaman terhadap spesifikasi serta karakteristik produk yang akan dibentuk menjadi hal yang krusial. Produk yang menjadi objek utama dalam perancangan ini adalah dudukan *handphone*, yang meskipun memiliki bentuk relatif sederhana, tetap menuntut ketelitian tinggi dalam proses pembentukannya terutama pada bagian tekukan yang menjadi komponen penting dalam aspek fungsi dan desain.



Gambar 4. 1 Bentukan Produk

4.1.3 Spesifikasi Produk Dudukan *Handphone*

Produk dudukan *handphone* ini dibuat dari lembaran baja ST 37 setebal 2 mm, yang memiliki karakteristik mekanik yang cocok untuk kebutuhan struktur ringan. Proses pembuatannya memperhatikan toleransi dimensi sebesar 1,5 mm guna menjaga ketepatan bentuk produk selama proses produksi, sekaligus tetap mendukung efisiensi dalam manufaktur besar. Berikut ini adalah gambar produk dudukan *handphone*.



Gambar 4. 2 Spesifikasi Produk Jadi

4.2 Perhitungan Gaya *Bending*, Dan *Clearance Punch & Die*

Pada tahap perancangan alat *bending*, analisis terhadap kebutuhan gaya *bending* menjadi faktor teknis yang krusial guna memastikan alat dapat menjalankan proses pembentukan secara efektif tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan maupun komponen alat itu sendiri. Di samping itu, penentuan jarak celah (*clearance*) antara *punch* dan *die* juga memiliki peran penting dalam menjaga mutu hasil pembengkokan serta mengurangi risiko keausan dini pada bagian alat.

4.2.1 Perhitungan Gaya *Bending*

Dalam tahap perancangan alat *bending*, salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan adalah seberapa besar gaya yang dibutuhkan untuk membengkokkan material. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen alat, seperti *punch*, *die*, dan rangka. Memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban selama proses pembengkokan. Selain itu, perhitungan ini juga menjadi acuan dalam menentukan jenis material dan ukuran dari setiap bagian mekanis pada alat tersebut. Dan untuk menghitung gaya *bending* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F = \frac{K \cdot \sigma_y \cdot b \cdot t^2}{R}$$

- Material: ST 37 dengan $\sigma_y = 235 \text{ Mpa}$
- Lebar pelat : $b = 50 \text{ mm}$
- Ketebalan pelat : $t = 2 \text{ mm}$
- Radius *die* : $R = 13 \text{ mm}$
- Faktor koreksi $K = 1.33$

Maka gaya *bending* yang dibutuhkan dapat dihitung sebagai berikut:

$$F = \frac{1.33 \cdot 235 \cdot 50 \cdot (2)^2}{13} = \frac{1.33 \cdot 235 \cdot 50 \cdot 4}{13}$$

$$F = \frac{1.33 \cdot 235 \cdot 200}{13} = \frac{1.33 \cdot 47.000}{13} = \frac{62.510}{13}$$

$$F \approx 4.800 \text{ N}$$

Hasil perhitungan dari pembengkokan gaya *bending* adalah = 4.800 N diperlukan untuk pembengkokan pelat dengan dimensi tersebut pada sudut radius yang tentukan.

4.2.2 Penentuan *Clearance Punch & Die*

Besarnya *clearance* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.6a) dan (2.6b)

$$c = a \cdot t$$

Keterangan :

$c = \text{Clearance (mm)}$

$t = \text{Tebal plat (mm)}$

a = Allowance (%)

Dimana :

$$\frac{k \cdot t \cdot \sqrt{0.7 \sigma_u}}{2}$$

Keterangan :

c = Clearance (mm)

k = Koefisien dies (0,005)

t = Tebal plat (mm)

σ_u = Tegangan *ultimate* plat

Dimana :

k = (0,005)

t = 2 mm

σ_u = 340

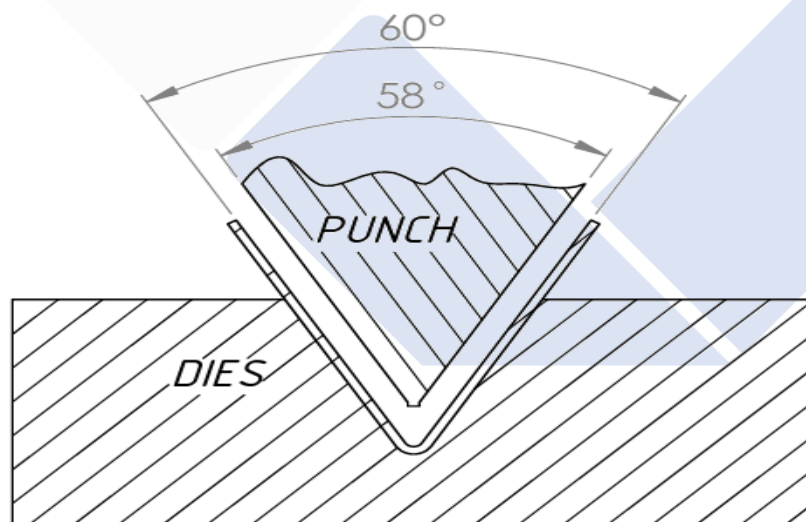
Perhitungan :

$$\begin{aligned} c &= \frac{k \cdot t \cdot \sqrt{0.7 \cdot \sigma_u}}{2} \\ &= \frac{0,005 \cdot 2 \cdot \sqrt{0.7 \cdot 340}}{2} \\ &= \frac{0,15427}{2} \\ &= 0,077 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga *clearance* pada *punch* dan *die* yang didapatkan dari perhitungan adalah 0,077 mm

4.3 Pengantisipasi *Springback* Produk

Dalam proses pembentukan logam menggunakan metode *bending*, salah satu tantangan teknis yang perlu mendapat perhatian khusus adalah fenomena *springback*. *Springback* terjadi ketika material yang telah mengalami deformasi plastis mengalami sedikit pemulihan bentuk akibat sifat elastisnya setelah gaya pembentuk dilepaskan, sehingga sudut hasil pembengkokan sering kali lebih besar dari yang dirancang. Hal ini menyebabkan bentuk akhir produk menyimpang dari spesifikasi awal. Gejala ini umumnya dipicu oleh sisa sifat elastis material setelah proses *bending* selesai. Besarnya efek *springback* sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jenis bahan, ketebalan pelat, radius pembengkokan, serta perbandingan antara regangan elastis dan plastis dari material tersebut. Dalam tugas akhir ini digunakan material baja lunak ST 37, yang meskipun memiliki kecenderungan *springback* yang relatif kecil, tetap memerlukan perhatian khusus dalam tahap perancangan agar hasil pembentukan sesuai dengan bentuk yang diinginkan.



Gambar 4. 3 Ukuran *Springback* Pada Produk

4.4 Penentuan Geometri *Punch & Die*

Dalam merancang alat *bending* untuk produk dudukan *handphone*, bentuk dan ukuran *punch* serta *die* menjadi faktor kunci dalam menentukan keberhasilan proses pembentukan. *Punch* dibuat dengan sudut sekitar 58° , sedikit lebih kecil dari target 60° , untuk mengantisipasi *springback*. Ujung *punch* memiliki jari-jari 1,5–2 mm yang disesuaikan dengan pelat setebal 2 mm guna memastikan pembengkokan berlangsung merata tanpa tegangan berlebih. *Die* dirancang dengan bukaan 12 mm, sesuai standar 8–12 kali tebal pelat, agar deformasi material berjalan lancar dan gaya tekan tetap efisien. Sudut dalam *die* juga dioptimalkan untuk mengurangi gesekan dan menjaga akurasi hasil. Kedua komponen, *punch* dan *die*, menggunakan material SKD11 karena daya tahan tekan dan keausannya yang tinggi, sehingga cocok untuk produksi berulang dengan performa stabil.

4.6.1 Perhitungan Panjang *Punch*

Panjang *punch* maksimum dengan material SKD 11 yang digunakan agar tidak patah dihitung, dapat menggunakan rumus persamaan (2.2)

$$L_{p\max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_m}{4 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_s}}$$

Keterangan :

$L_{p\max}$ = Panjang maksimum *punch* (mm)

I_m = Momen inersia penampang *punch* (kg/m^2)

E = Modulus elastisitas material *punch* (kg/mm^2)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm^2)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

t = Tebal plat benda kerja (mm)

Dimana :

$$I_m = 823131.16 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$E = 210 \text{ GPa} \approx 21428.57 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

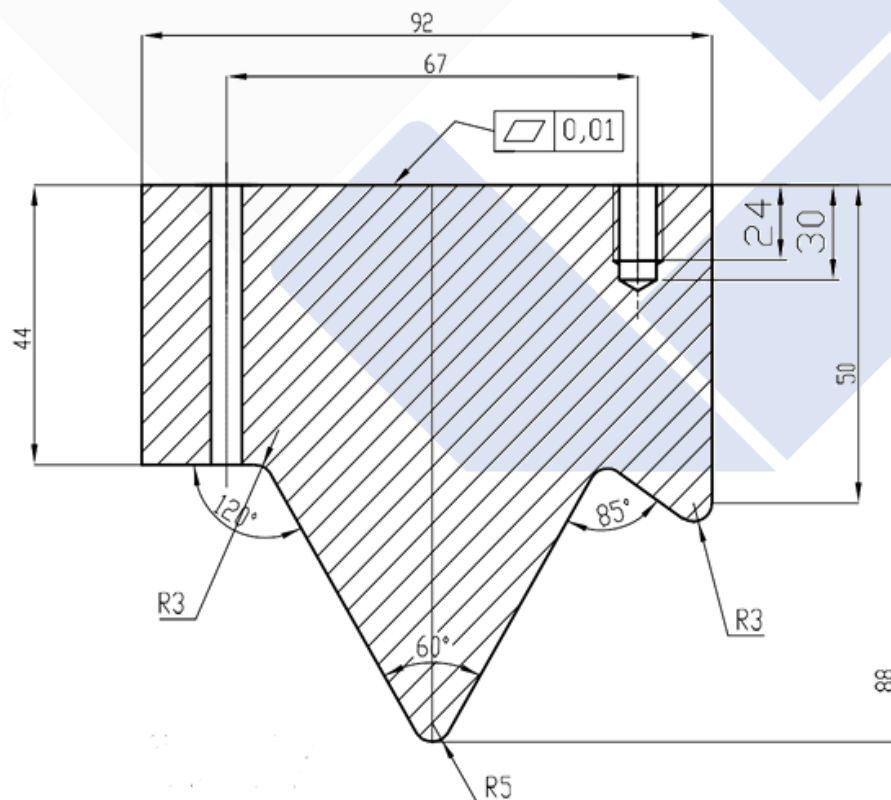
$$\sigma_s = 24.27 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$$L = 2716.73 \text{ (mm)}$$

$$t = 2 \text{ (mm)}$$

$$L_{p \max} = \sqrt{\frac{3,14^2 \cdot 21428,57 \cdot 823131,16}{4 \cdot 2716,73 \cdot 2 \cdot 24,27}}$$

Sehingga didapatkan panjang maksimum *punch* sebesar 45,81 mm



Gambar 4. 4 Ukuran *Punch*

4.6.2 Tebal *Upper-Lower Plate*

Berdasarkan tabel 2.2 (Sharma, 1999), perhitungan tebal pelat (*upper dan lower plate*) pada alat *bending* dapat ditentukan dengan mempertimbangkan besarnya gaya yang diterima selama proses kerja. Dalam hal ini, gaya kerja yang digunakan sebagai acuan adalah gaya *trimming* (F) yang terjadi selama proses pemotongan logam, yaitu sebesar :

Dalam praktik perancangan *press tool*, ketebalan pelat dasar (*upper dan lower plate*) ditentukan agar mampu menahan beban tanpa mengalami deformasi permanen atau kerusakan.

$$t = \sqrt{\frac{F}{K \cdot \sigma_y}}$$

Dimana :

t = Ketebalan plat (mm)

F = Gaya kerja maksimum (N)

K = Faktor keamanan (2,5) yang umum digunakan dalam desain *press tool*

σ_y = Kekuatan luluh material pelat (MPa)

Material yang digunakan adalah ST 37 = 235 MPa

Rumus Empiris Penentuan Ketebalan :

$$t = \sqrt{\frac{F}{K \cdot \sigma_y}}$$

$$t = \sqrt{\frac{425500}{2,5 \cdot 235}} = \sqrt{\frac{425500}{587,5}} = \sqrt{724,41}$$

$$t \approx 26,91 \text{ mm}$$

Sehingga tebal *upper-lower plate* yang didapatkan dari perhitungannya adalah 27 mm.

4.6.3 Perhitungan Ketebalan *Die*

Perhitungan tebal minimum *die* dengan bahan material SKD 11 dapat dilakukan dengan menggunakan rumus persamaan (2.5).

$$h_d = (10 + 5t + 0,7 \sqrt{a + b}) C_d$$

Keterangan :

h_d = Tebal *dies* (mm)

t = Tebal plat (mm)

a = Panjang *die* (mm)

b = Lebar *die* (mm)

C_d = *Konstanta die*

Dimana :

t = 2 mm

a = 200 mm

b = 80 mm

C_d = 1.0

Perhitungan :

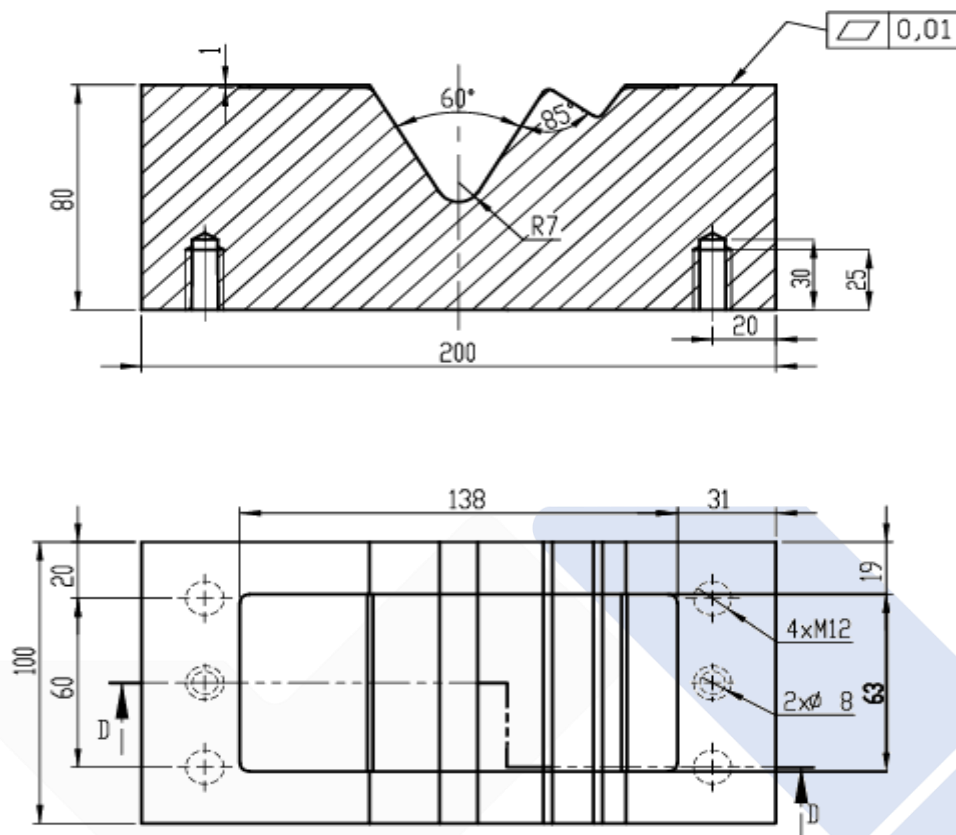
$$= (10 + 5(2) + 0,7 \sqrt{200 + 80}) \cdot 1.0$$

$$= (10 + 10 + 11,71) \cdot 1.0$$

$$= 31,71 \cdot 1.0$$

$$= 31,71 \text{ mm}$$

Jadi tebal minimal *die* yang didapatkan pada perhitungan sebesar 31,71 mm.



Gambar 4. 5 Ukuran *Die*

4.5 Penentuan Dimensi Komponen Pendukung

Penentuan dimensi komponen pendukung pada alat *bending* dudukan *handphone* sangat penting untuk menjaga kestabilan dan presisi alat. Komponen seperti *shank*, *locator*, *guide post*, baut pengikat, dan pena penepat dirancang berdasarkan standar teknis serta disesuaikan dengan beban kerja dan ukuran material. Masing-masing komponen memiliki peran spesifik: *shank* untuk menopang gaya tekan, *locator* untuk memastikan posisi pelat, *guide post* menjaga keselarasan gerakan, baut pengikat (M8–M12) untuk kekuatan sambungan, dan pena penepat (Ø6–Ø12 mm) untuk akurasi posisi. Dengan dimensi yang sesuai, seluruh sistem pendukung dapat bekerja selaras sehingga alat *bending* beroperasi optimal dan hasilnya akurat sesuai desain.

4.5.1 Perancangan *Shank*

Shank merupakan bagian yang memiliki peran krusial dalam susunan cetakan (*dieset*) pada alat *bending*. Komponen ini berperan sebagai perantara antara *upper die* dan slide pada mesin *press*, dengan fungsi utama menyalurkan gaya tekan dari mesin ke *punch* secara akurat dan stabil. Dalam tahap perancangan alat *bending* untuk produkudukan *handphone*, pemilihan serta desain *shank* harus mempertimbangkan berbagai aspek penting, seperti daya dukung mesin, tipe sambungan, kestabilan dalam mentransfer gaya, serta kecocokan dengan struktur *die* set yang digunakan pendekatan teoritis berdasarkan rumus (Boljanovic, 2004) :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \sigma_t}}$$

Keterangan :

d = Diameter *shank* (mm)

F = Gaya tekan atau kapasitas *press* (N)

σ_t = Tegangan tarik ijin bahan *shank* (N/mm²)

π = Konstanta pi (≈ 3.1416)

Dimana :

$F = 121,3$ (N)

$\sigma_t = 163,33$ (N/mm²)

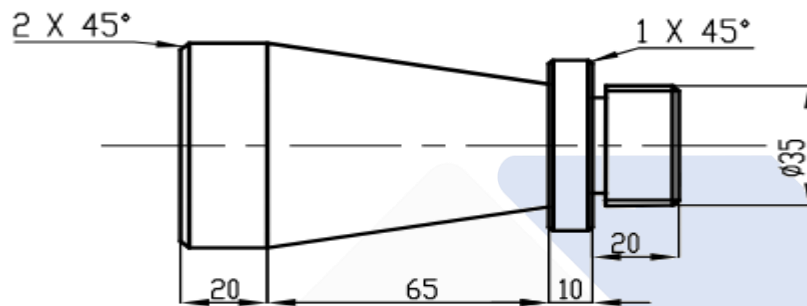
$\pi = (\approx 3.1416)$

Perhitungan :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 121.300}{3,14 \cdot 163,33}}$$

$$d = \sqrt{\frac{485.200}{512,86}} = \sqrt{946,11} \approx 30,75 \text{ mm}$$

Dengan demikian, diameter minimum *shank* yang dibutuhkan untuk menahan gaya tekan sebesar 121,3 kN adalah 30,75 mm



Gambar 4. 6 Ukuran *Shank*

4.5.2 Perancangan *Guide Post*

Pada proses perancangan alat *bending* untuk pembuatan dudukan *handphone*, peran *guide post* sangat vital karena akurasi hasil pembentukan sangat dipengaruhi oleh kestabilan pergerakan vertikal *punch* terhadap *die*. Oleh sebab itu, dibutuhkan perhitungan ukuran *guide post* yang tepat agar mampu menahan gaya geser yang timbul serta menjaga kekakuan sistem selama proses kerja berlangsung. Rumus menghitung *guide post* tercantum pada (4.6a) dan (4.6b) dengan menggunakan persamaan rumus (P.H Joshi, 1996).

$$W_I \times A = W \times B$$

$$W = \frac{W_I \times A}{B}$$

Keterangan :

W_l = Berat alat atas (kg)

A = Panjang lengan atau jarak dari titik tumpu ke gaya W_1

B = Panjang lengan atau jarak dari titik tumpu ke gaya W_1

W = Gaya atau beban pada sisi kedua

Dimana :

A = 239

B = 169

W = 80.000

Perhitungan :

$$= \frac{80.000 \times 239}{169}$$

$$= 113.198 \text{ mm}$$

Untuk menghitung kedua pada *guide post* dibutuhkan rumus seperti yang tercantum (4.6b).

$$\text{Diameter pillar} = \sqrt[4]{\frac{WB^3}{61.2}}$$

Keterangan :

WB = Lebar bidang kerja (mm)

WB^3 = Pangkat 3 dari lebar blank, digunakan menghitung volume relatif

61,2 = Konstanta pembagi

Dimana :

$$WB^3 = 113.198$$

Konstanta pembagi = 61,2

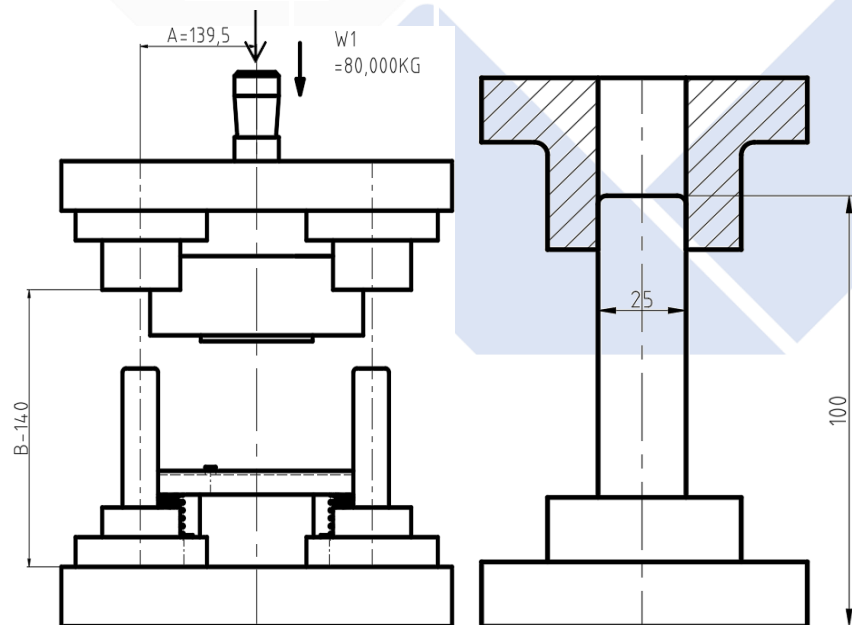
Perhitungan menggunakan rumus :

$$= \sqrt[4]{\frac{113.198 \cdot 14.625}{61,2 \cdot 4}}$$

$$= \sqrt[4]{676}$$

$$= 26 \text{ mm}$$

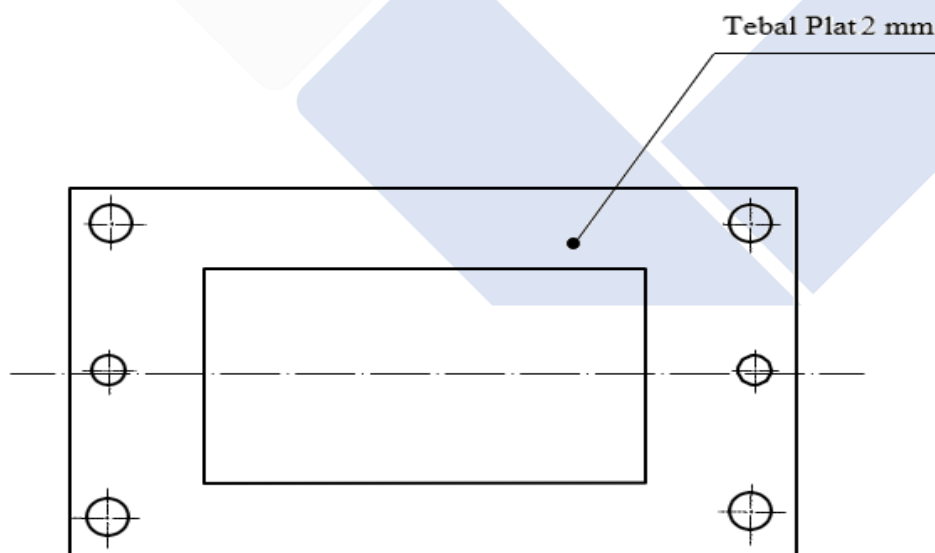
Jadi nilai *guide post* yang diperoleh dalam perhitungannya adalah 26 mm



Gambar 4. 7 Ukuran *Guide Post*

4.5.3 Perancangan *Locator*

Dalam proses merancang alat *bending* untuk produk dudukan *handphone*, elemen *locator* dibuat dengan tujuan memastikan posisi lembaran logam sudah tepat sebelum proses pembentukan dimulai. Fungsi utama dari komponen ini adalah sebagai penahan dan pemandu awal supaya material tetap pada tempatnya selama proses pelipatan, sehingga hasil akhir sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan. Lokasi pemasangan *locator* berada di kedua sisi area *bending* dan didesain menyesuaikan dimensi serta bentuk pelat, dengan celah toleransi yang cukup agar pemasangannya mudah namun tetap kokoh. Bahan yang digunakan untuk membuat *locator* dipilih dari jenis baja karbon menengah seperti S45C karena memiliki ketahanan aus yang tinggi. Dimensi tinggi dan jarak antar *locator* diatur agar tidak mengganggu gerakan *punch* dan tetap sejajar dengan *die*. Untuk mempermudah proses bongkar-pasang maupun penyesuaian, sistem baut penjepit digunakan sebagai metode pemasangan. Dengan desain *locator* yang tepat dan fungsional, proses *bending* dapat berjalan lebih lancar, hasil lipatan lebih seragam, dan risiko kesalahan akibat salah posisi material dapat diminimalkan.



Gambar 4. 8 Ukuran *Locator*

4.5.4 Perancangan Baut Pengikat

Dalam merancang alat *bending* untuk produk dudukan *handphone*, pemilihan serta perancangan baut pengikat menjadi faktor krusial guna memastikan kekuatan dan kestabilan sambungan antar bagian utama alat. Baut berperan sebagai pengunci yang menyatukan komponen-komponen seperti *upper die*, *lower die*, *base plate*, serta elemen pendukung lainnya agar tetap terikat kuat selama proses pembentukan logam. Jenis dan ukuran baut ditentukan berdasarkan kebutuhan terhadap kekuatan tarik, nilai torsi pengencangan, dan beban operasional yang harus ditanggung. Pada rancangan ini digunakan baut tipe *hexagonal* berstandar metrik (contohnya M8 sampai M12), yang disesuaikan dengan ketebalan dan kekuatan material yang digunakan. Ukuran diameter baut juga dipilih dengan mempertimbangkan toleransi lubang serta beban yang akan diterima di masing-masing titik sambungan. Selain itu, kedalaman penanaman serta panjang ulir baut dihitung secara cermat agar tidak merusak struktur material dan tetap menjaga kekuatan sambungan. Dengan pengaturan baut pengikat yang optimal, seluruh bagian alat *bending* diharapkan dapat bekerja dengan stabil dan saling mendukung, serta menghindari kelonggaran atau kegagalan sambungan akibat tekanan atau getaran saat proses *bending* berlangsung.

4.5.5 Perancangan Pena Penepat

Dalam merancang alat *bending* untuk dudukan *handphone*, keberadaan pena penepat (*dowel pin*) sangat vital untuk menjaga kesejajaran dan ketepatan posisi antar komponen, terutama antara bagian *upper die* dan *lower die*. Fungsi utama dari pena ini adalah mencegah terjadinya pergeseran saat proses perakitan maupun ketika alat sedang digunakan, sehingga keakuratan dalam hasil pembentukan tetap terjaga. Sebagai elemen pemandu tetap, pena penepat memungkinkan setiap proses perakitan berlangsung konsisten dan presisi tanpa perlu penyetelan ulang setiap kali dipasang. Dimensi pena ditentukan dengan mempertimbangkan ketebalan pelat dan tipe sambungan, serta mengikuti standar ukuran pena yang sesuai dengan diameter baut pengikat yang digunakan. Dalam desain ini, digunakan pena berdiameter antara Ø6 mm hingga Ø12 mm, dipilih berdasarkan ketebalan komponen serta luas

permukaan kontak antar bagian alat. Penempatan pena dirancang pada posisi yang tidak mengganggu jalannya proses kerja serta mempermudah proses perakitan. Dengan desain pena penepat yang tepat, seluruh bagian alat *bending* dapat tersambung secara presisi, menghindari kesalahan penyelarasan, dan memastikan bentuk hasil pembentukan tetap sesuai dengan spesifikasi rancangan.

4.6 Pemilihan Komponen Material

Dalam tahap perancangan cetakan pada proses *bending* untuk pembuatanudukan *handphone*, pemilihan jenis material menjadi hal yang sangat penting karena memengaruhi daya tahan, tingkat presisi, serta umur pakai dari setiap bagian komponen. Masing-masing elemen seperti seperti *punch*, *die*, pelat penakan, dan komponen pemandu (*guide post*) memiliki kebutuhan mekanis yang berbeda-beda, sehingga diperlukan pemilihan bahan yang sesuai dengan karakteristik kerjanya.

Melalui kajian teknis yang dilakukan, serta mempertimbangkan faktor kekuatan material, daya tahan terhadap keausan, ketersediaan di pasaran, dan efisiensi dari segi biaya produksi, berikut ditetapkan material yang digunakan pada komponen-komponen utama dalam struktur cetakan tersebut :

Tabel 4. 2 Pemilihan Komponen Material

No.	Nama Komponen	Material	Alasan Pemilihan
1.	<i>Punch</i>	SKD11	Memiliki kekuatan luluh tinggi (74,85 kg/mm ²), ketahanan aus baik, cocok untuk kerja tekan.
2.	<i>Die</i>	SKD11	Sama dengan <i>punch</i> , digunakan untuk menerima beban tekan berulang dan gesekan tinggi

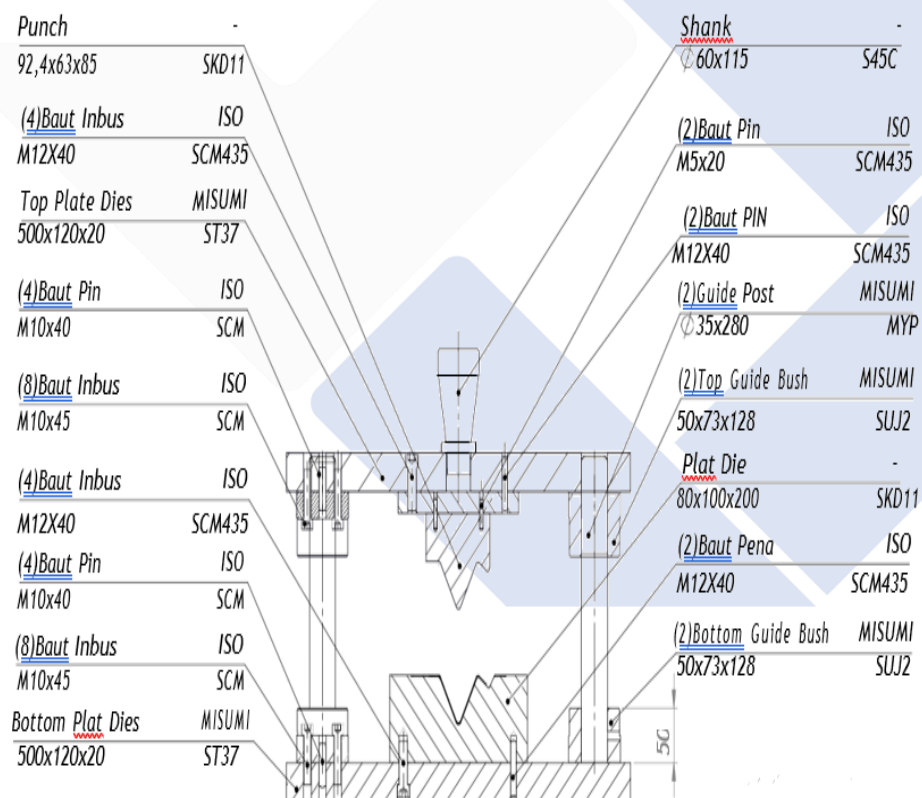
3.	<i>Lower Die</i>	ST37	Baja karbon rendah (<i>mild steel</i>) yang secara luas digunakan dalam industri manufaktur karena mudah pengerjaannya dan sifat mekaniknya cukup baik
4.	<i>Guide Post & Guide Bush</i>	SUJ2	Baja <i>Bearing</i> yang memiliki kekerasan tinggi dan presisi dimensi
5.	Baut dan Pengikat	SCM435	Tahan terhadap beban tarik dan <i>torsi</i> , cocok untuk sambungan dinamis
6.	Pegas (<i>Spring</i>)	<i>Spring Steel</i>	Elastisitas tinggi dan <i>fatigue resistance</i> untuk pemulihan posisi <i>punch/die</i>
7.	<i>Upper Die</i>	ST37	Karena pertimbangan teknis , efisiensi biaya, dan kesesuaian dengan beban kerja ringan pada proses pembentukan dudukan <i>handphone</i> .

(Sumber : Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing engineering and technology* (7th ed.). Pearson Education.)

4.7 Penggambaran Alat *Bending* Final

Tahap penggambaran akhir alat *bending* merupakan langkah penutup dalam proses perancangan, yang bertujuan untuk menampilkan wujud alat secara keseluruhan sesuai dengan aspek teknis dan kenyamanan pengguna. Desain final ini memuat susunan lengkap komponen seperti *punch*, *die*, tuas penggerak, rangka

penopang, dan meja kerja, yang divisualisasikan dalam model tiga dimensi (3D) guna memperlihatkan bentuk fisik dan cara kerja alat secara menyeluruh. Gambar dua dimensi (2D) juga dibuat untuk memberikan informasi rinci seperti ukuran, letak lubang, serta hubungan antar bagian sebagai panduan dalam proses produksi. Pada desain ini, *punch* dan *die* disesuaikan untuk menghasilkan sudut tekukan sebesar 60°, sedangkan sistem tuas dan rangka dirancang agar mempermudah pengguna dalam mengoperasikan alat secara manual. Visualisasi akhir ini bukan hanya berfungsi sebagai dokumentasi rancangan, tetapi juga memastikan bahwa semua elemen dapat bekerja sesuai dengan tujuan dan siap direalisasikan dalam proses pembuatan dudukan *handphone*.



Gambar 4. 9 Rancangan Alat *Bending* Final

4.8 Simulasi Tegangan *Von Mises* pada Perancangan *Punch & Die*

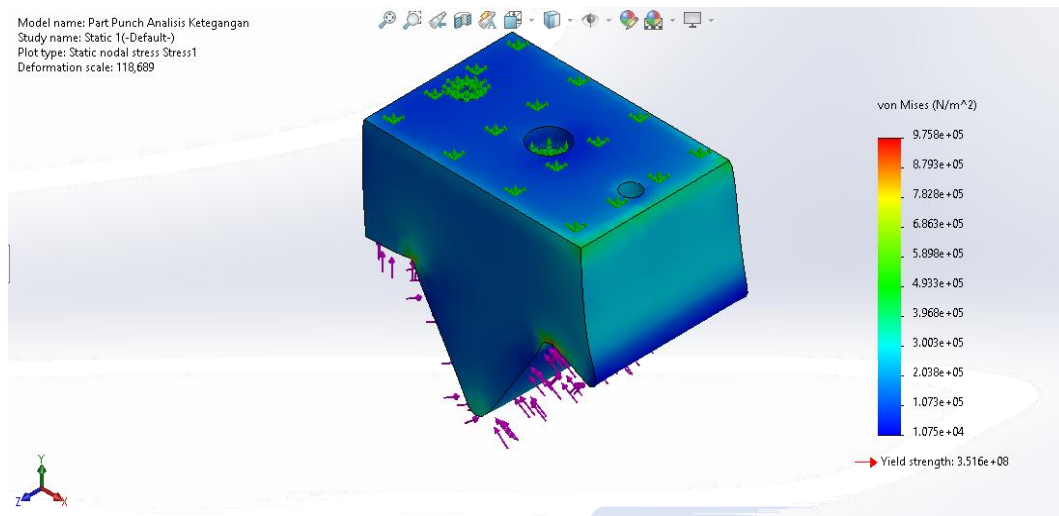
Pada tahap desain alat *bending*, kajian terhadap tegangan menjadi aspek krusial untuk menjamin bahwa elemen penting seperti *punch* dan *die* memiliki kemampuan menahan beban saat proses pembentukan logam berlangsung. Salah satu pendekatan analisis yang banyak diterapkan dalam bidang rekayasa adalah *Von Mises*, yang digunakan untuk menganalisis penyebaran tegangan maksimum pada suatu objek padat ketika dikenai gaya dari luar. Teknik ini berlandaskan teori energi distorsi dan kerap dimanfaatkan untuk memperkirakan untuk memperkirakan potensi terjadinya deformasi plastis pada bahan logam.

Analisis tegangan *Von Mises* disimulasikan menggunakan *software* rekayasa berbantuan *Computer Finite Element Analysis (FEA)* seperti *ANSYS* atau *SolidWorks Simulation*. Model 3D dari *punch* dan *die* dimasukkan sebagai input, bersama dengan informasi jenis material dan nilai beban kerja yang sebelumnya telah dihitung. Pada simulasi ini, *punch* dan *die* diasumsikan menerima beban tekan maksimum, berdasarkan hasil perhitungan gaya *bending* pada pelat baja ST 37 dengan ketebalan 2 mm. Material yang digunakan untuk kedua komponen tersebut adalah SKD11, yang dikenal memiliki daya tahan abrasi yang tinggi serta kekuatan luluh yang besar.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain *punch* dan *die* telah memenuhi standar kekuatan yang dibutuhkan dan mampu berfungsi dengan baik selama proses pembentukan dudukan *handphone*, tanpa mengalami kerusakan akibat beban yang diterapkan.

4.8.1 Simulasi Tegangan pada *Punch*

Simulasi menunjukkan distribusi tegangan tekan yang terjadi pada *punch* selama proses *bending*. Tegangan ini muncul ketika *die* menekan material ke arah *punch*, sehingga permukaan *punch* menerima beban tekan yang signifikan. Warna pada gambar menggambarkan sebaran tegangan *Von Mises*, di mana area berwarna merah menandakan tegangan tertinggi. Berikut adalah gambar hasil dari simulasi tegangan *punch* yang menggunakan material SKD 11 sebagai berikut :



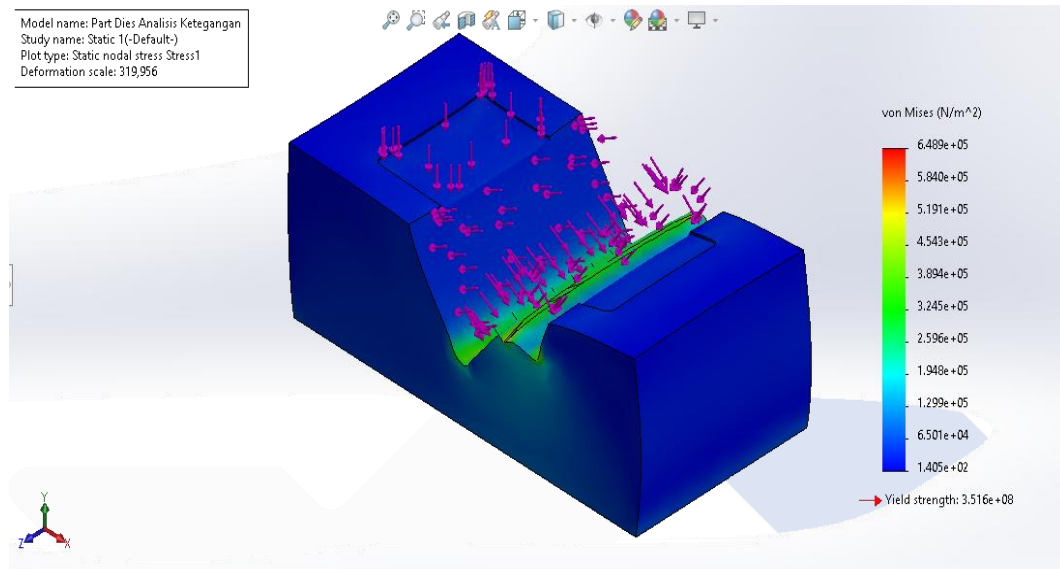
Gambar 4. 2 Hasil Tegangan Material *Punch*

Gambar hasil simulasi menunjukkan penyebaran tegangan *Von Mises* pada komponen *punch* akibat tekanan yang terjadi selama proses pembentukan dianalisis melalui simulasi. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi mencapai 0,9758 MPa, yang tampak pada area bawah *punch* yang bersentuhan langsung dengan plat logam, ditandai dengan warna merah. Nilai tersebut masih berada jauh di bawah batas kekuatan luluh material SKD11, yakni sebesar (351,6 MPa), sebagaimana digambarkan oleh indikator merah pada skala warna simulasi. Dapat disimpulkan bahwa desain *punch* aman digunakan dalam proses *bending*, karena nilai tegangan maksimum masih jauh di bawah batas elastis material dan tidak terdapat indikasi deformasi plastis atau potensi kegagalan struktural pada kondisi pembebanan yang dianalisis.

4.8.2 Simulasi Tegangan pada *Die*

Tahapan analisis berikutnya difokuskan pada komponen *die*, guna menilai sejauh mana kekuatan dan daya tahannya dalam menghadapi beban yang timbul selama proses tekuk berlangsung. *Die* memiliki peran vital dalam proses pembentukan lembaran logam, karena berfungsi sebagai penopang utama saat *punch* menekan material. Oleh sebab itu, diperlukan evaluasi menyeluruh terhadap kekuatan struktur *die* untuk mencegah terjadinya kerusakan maupun deformasi

yang bisa memengaruhi presisi dan kualitas hasil pembentukan. Berikut adalah gambar hasil dari simulasi tegangan *die* yang menggunakan material SKD 11 sebagai berikut :



Gambar 4. 3 Hasil Tegangan Material *Die*

Berdasarkan hasil simulasi pada gambar diatas, dimana nilai tegangan tertinggi tercatat sebesar 0,6489 MPa. Tegangan ini paling dominan muncul pada bagian lengkung dalam dari rongga *die*, yakni di area yang langsung bersentuhan dengan permukaan pelat saat proses tekuk berlangsung. Dan dapat disimpulkan bahwa desain *die* aman digunakan dalam proses *bending*, karena nilai tegangan maksimum masih jauh di bawah batas elastis material dan *die* tidak mengalami deformasi plastis dan struktur tetap stabil selama pembebanan berlangsung.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan yang diperoleh dari kegiatan rancangan alat *bending* untuk produk dudukan *handphone*, sebagai berikut :

1. Telah berhasil dirancang alat *bending* manual sederhana untuk membentuk dudukan *handphone* dari pelat baja ST 37 dengan ketebalan 2 mm dan sudut tekuk 60°, yang disesuaikan untuk kebutuhan skala kecil seperti UMKM dan pendidikan vokasi.
2. Komponen utama alat bending terdiri dari *punch*, *die*, *shank*, dan *guide post*. Material *punch* dan *die* menggunakan SKD11 karena memiliki kekuatan luluh tinggi dan ketahanan aus yang baik, sementara bagian struktur lainnya menggunakan material ST 37 dan SUJ2.
3. Perhitungan gaya *bending* menghasilkan nilai sebesar 4.800 N, dan hasil simulasi *Von Mises* menunjukkan bahwa tegangan maksimum pada *punch* sebesar 0,9758 MPa dan pada *die* sebesar 0,6489 MPa. Nilai ini masih jauh di bawah batas elastis SKD11, sehingga alat aman digunakan.
4. Dimensi pendukung seperti diameter *shank* (30,75 mm) dan *guide post* (26 mm) telah ditentukan berdasarkan analisis kekuatan dan kestabilan, serta memastikan akurasi pembentukan selama proses kerja.
5. Desain alat yang dibuat mampu memenuhi tujuan utama, yaitu menghasilkan hasil tekukan yang presisi, alat yang aman digunakan, mudah dioperasikan, serta layak untuk diterapkan pada proses produksi dudukan *handphone* secara sederhana.

5.2 Saran

Dari hasil rancangan yang telah dilakukan, saran yang dapat disampaikan oleh penulis adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan pengujian langsung terhadap alat untuk memastikan hasil *bending* sesuai toleransi dan dapat digunakan dalam produksi langsung.
2. Penggunaan penggerak mekanis atau hidrolik : dapat dipertimbangkan sebagai pengganti sistem manual, agar proses *bending* menjadi lebih ringan dan produktif, khususnya untuk kebutuhan produksi massal.
3. Dokumentasi hasil perancangan sebaiknya dilengkapi dengan gambar teknis terstandar risasi dan manual penggunaan alat agar dapat direplikasi oleh pengguna lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadilah, A., & Haryanto, B. (2020). Studi Pemilihan Material Baut pada Sistem Bending. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(1), 55–60.
<https://jitm.unis.ac.id/index.php/jitm/article/view/102>
- Iswandi. (2024). Penerapan Teknologi Alat Bantu pada UMKM Produksi Logam. *Jurnal Inovasi Teknik Industri*, 10(1), 45–52. <https://jurnaliti.org/index.php/jiti>
- JOSHI,P.H.(n.d.). *Press-Tools-Design-and-Construction-By-P-H-Joshi_Compress*.
- Kalpakistan, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology* (7th ed.). Pearson Education.
- Kumar, P., & Singh, R. (2019). Design and Applications of Press Tools in Sheet Metal Industry. *International Journal of Engineering Research*, 8(3), 52–58.
<https://doi.org/10.17577/IJERTV8IS030046>
- Mauluddin, Y., Rahmawati, D., & Faturachman, I. (2023). Perancangan Alat Bantu Ergonomis Pada Proses Produksi Agar-Agar. *Jurnal Kalibrasi*, 21(2), 143–154. <https://doi.org/10.33364/kalibrasi/v.21-2.1394>
- Miranda, D., Rocha, A., Silva, B., & Chaves, F. (2024). Bending processes precision and efficiency in the design and production of metal plates. *International Journal of Materials Engineering Innovation*, 1(1).
<https://doi.org/10.1504/ijmatei.2024.10061780>
- Muttaqin, M., Syahputra, A., & Yusra, D. (2024). Perancangan Alat Bending Portabel untuk UMKM. *Jurnal Inovasi Teknik Manufaktur*, 5(1), 15–22.
<https://jitm.univtekindonesia.ac.id>

Prasetyo, A., & Nugraha, T. (2019). Pemanfaatan Pegas dalam Sistem Mekanik. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 25–30.

<https://jurnalmesin.unnes.ac.id/ojs/index.php/jtm>

Rahman, M., Yusof, A., & Ali, S. (2021). Optimization of Guide Post Mechanism in Progressive Die System. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 35(7), 3175–3182. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12206-021-0635-9>

Ramadhan, R., & Indrawati, E. (2020). Efektivitas Dudukan *Handphone* dalam Aktivitas Harian: Studi Ergonomi. *Jurnal Ergonomi Indonesia*, 7(1), 30–38. <https://jurnalergonomi.org/index.php/jei>

Sharma, P. C. (2009). A Textbook of Production Engineering. *Production Engineer*, 49(6), 259.

Suchy, I. (2006). *Handbook of Die Design* (2nd ed.). McGraw-Hill.

VUKOTA BOLJANOVIC. (2014). *SHEET METAL FORMING PROCESSES AND DIE DESIGN Second Edition*.



LAMPIRAN 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama Lengkap : Riski Aldi Pratama

Tempat Tanggal Lahir : Sungailiat, 02 April 2004

Jenis Kelamin : Laki - laki

Agama : Islam

Alamat Rumah : Perumnas RSS Jl.Aster Blok III/E No.22

Kab. Bangka, Prov.

Bangka Belitung

No. telpon/HP : +62 831 8581 7858

Email : riskialdipratama189@gmail.com

Riwayat Pendidikan

SD N 15 Sungailiat : 2010- 2016

MTsN 1 Bangka : 2016- 2019

SMA Setia Budi : 2019- 2022

POLMAN BABEL : 2022- Sekarang

Pengalaman Kerja

— PKL (Praktik Kerja Lapangan) PT. Bangka Asindo Agri

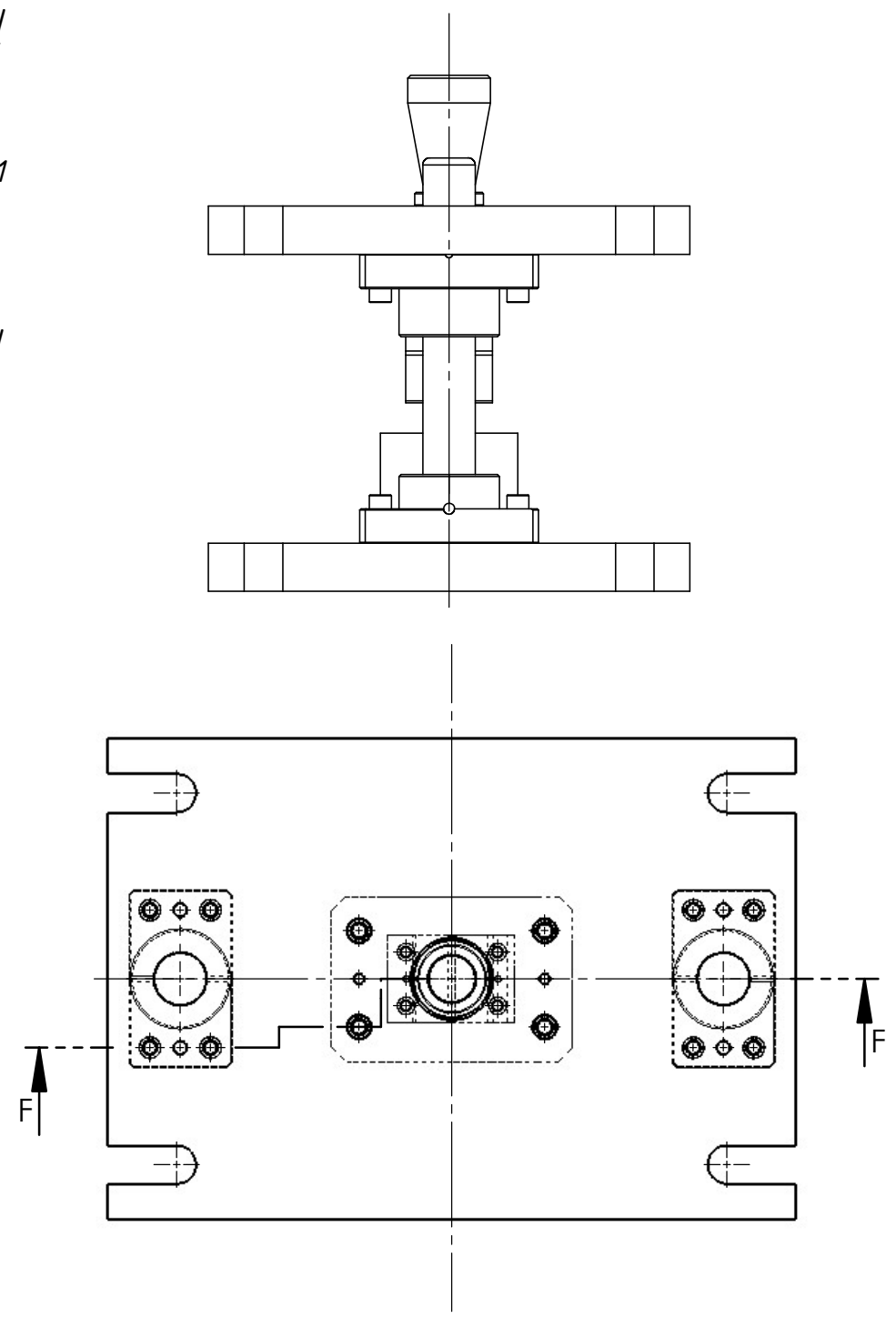
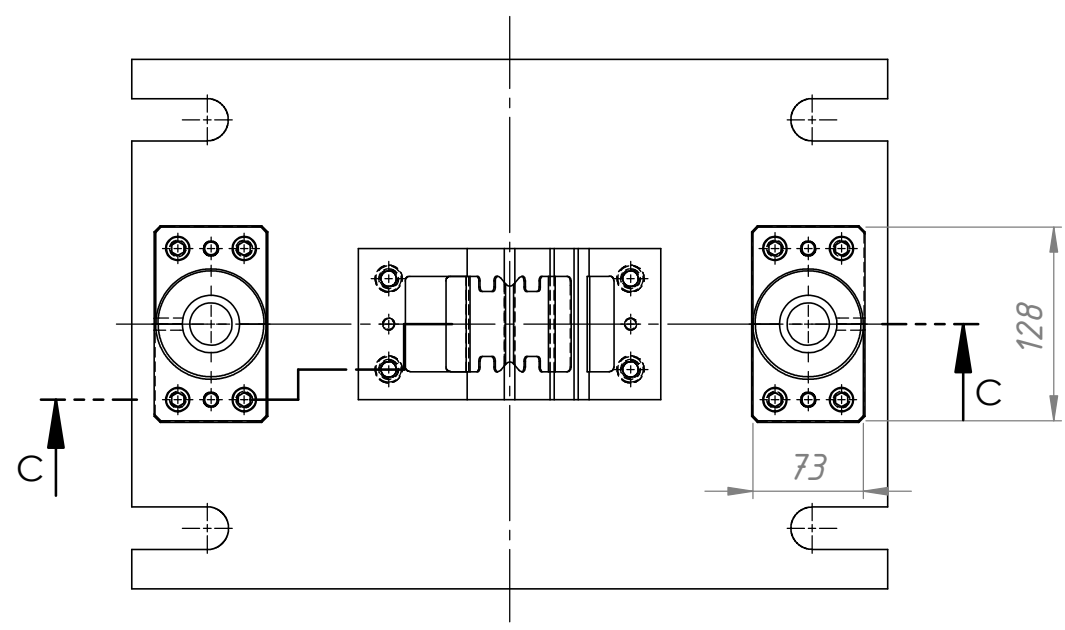
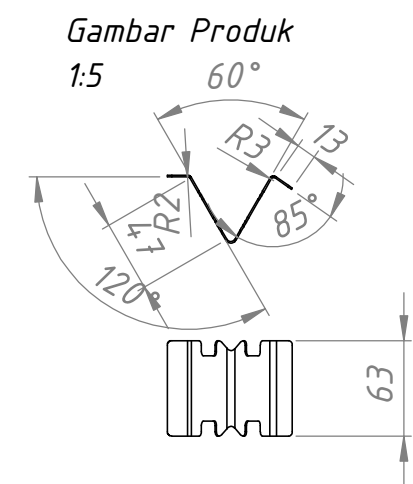
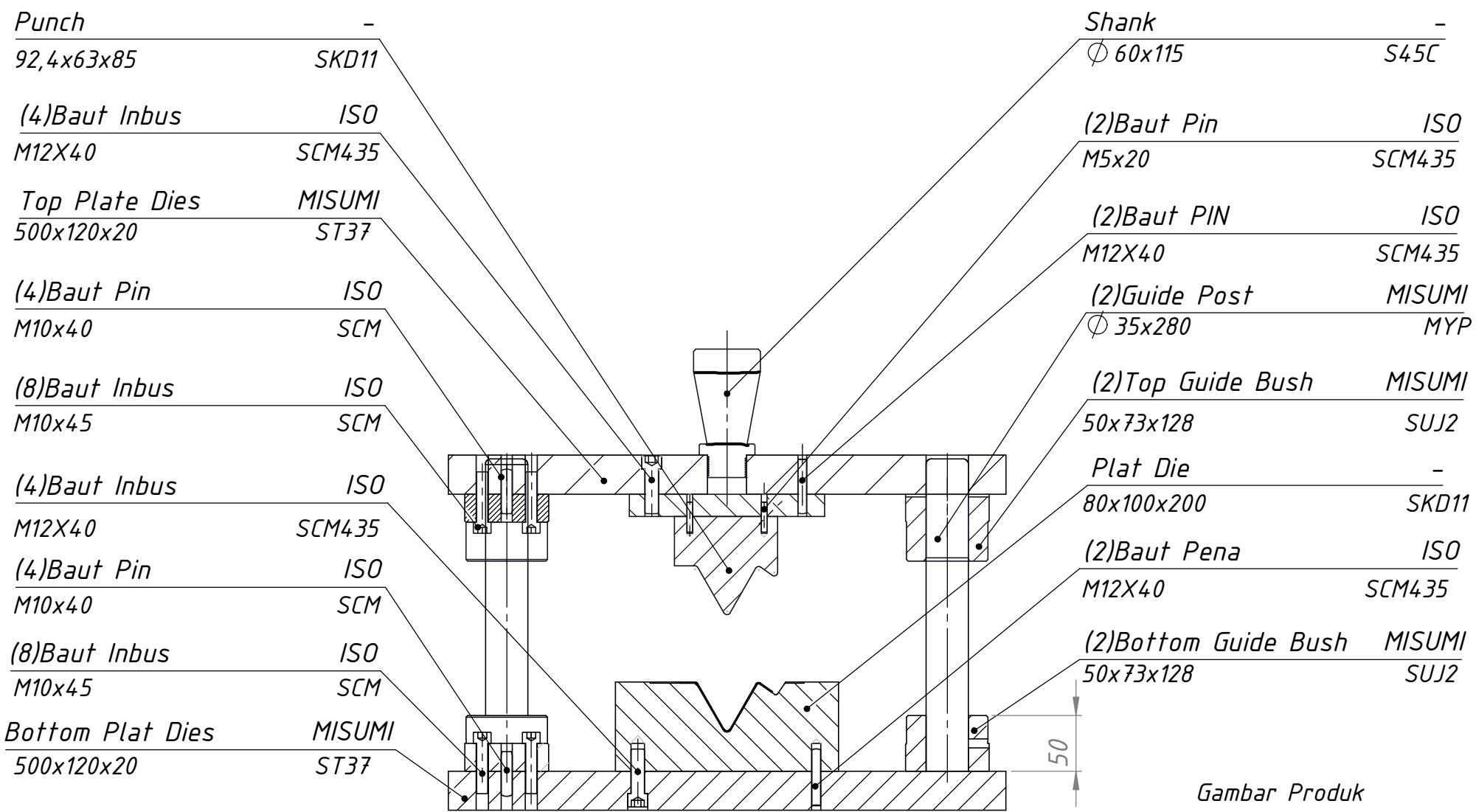





LAMPIRAN 2



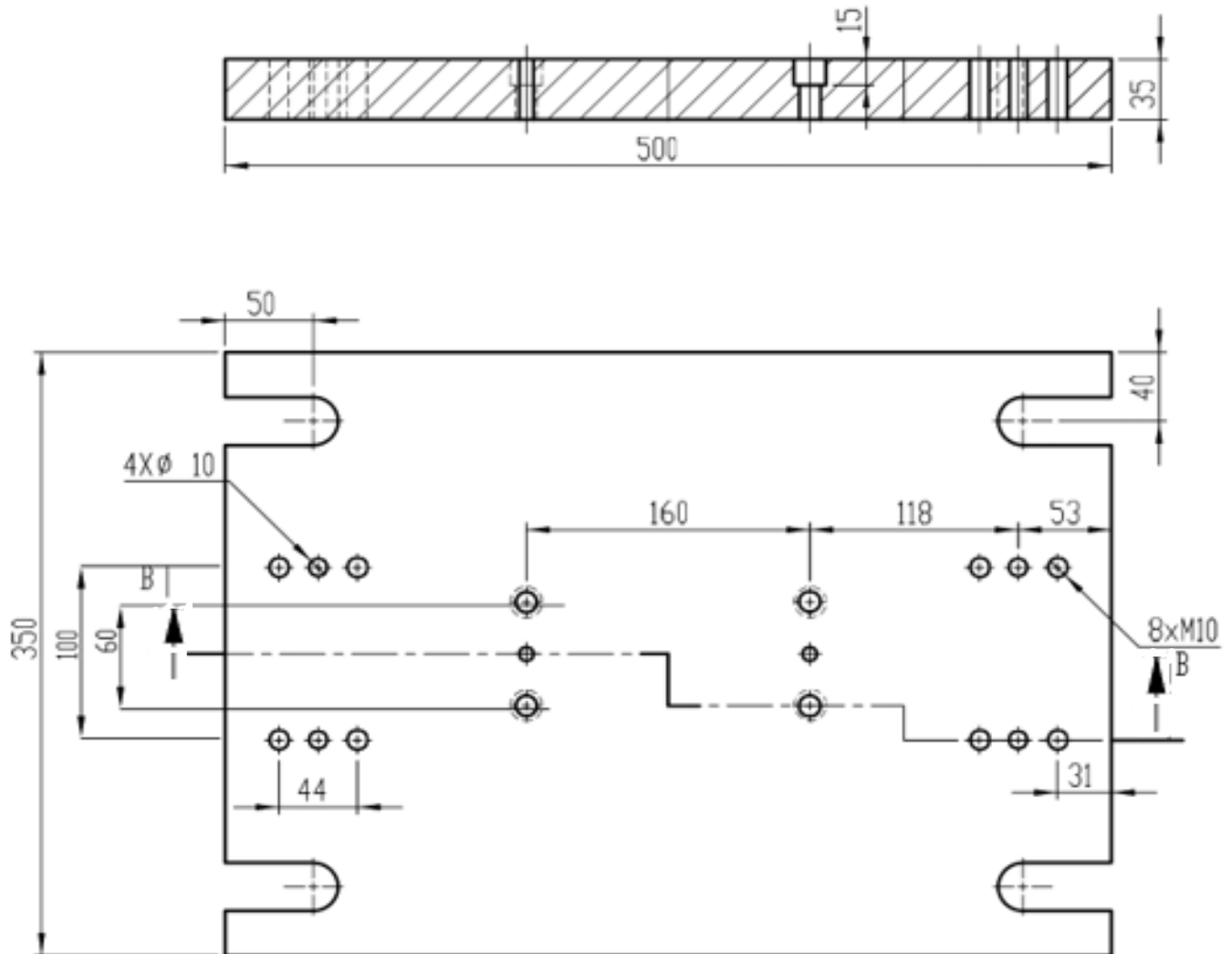
LAMPIRAN 3



1. 

Tol. Sedang

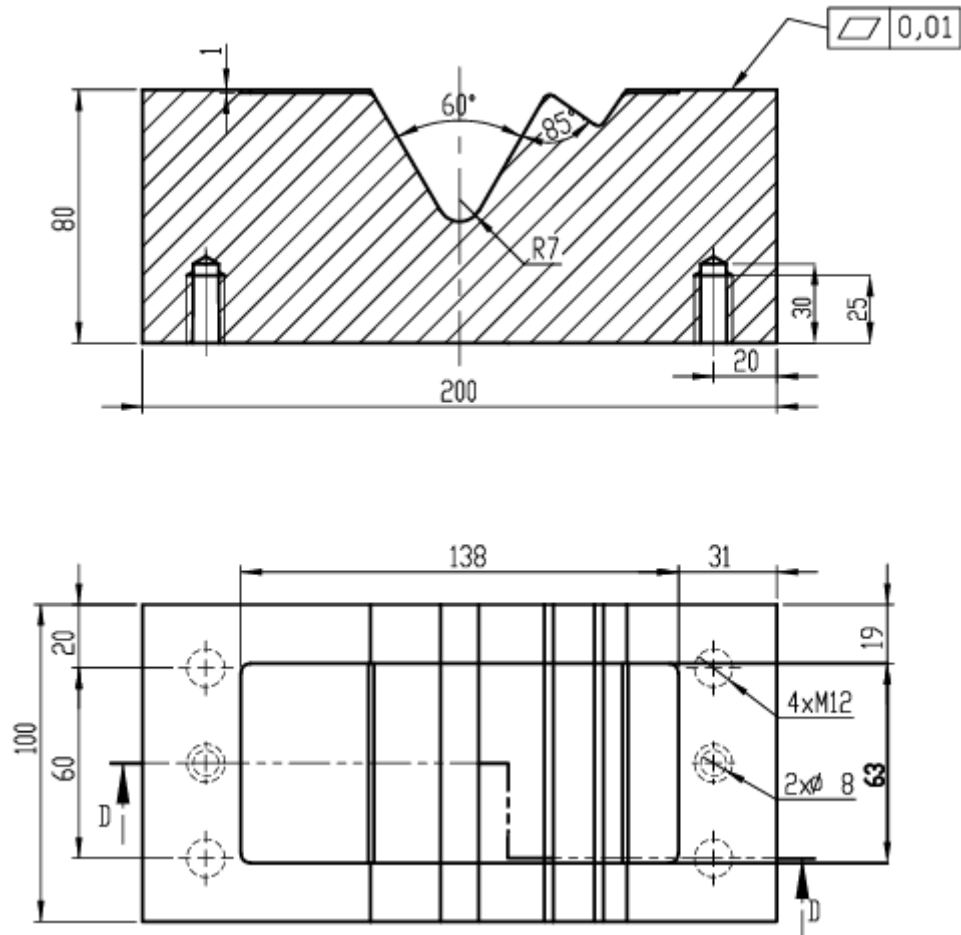
SECTION B-B
SCALE 1 : 4



		1	Lower Die				1	ST37	500x350x35		-
Jumlah			Nama Bagian				No.Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan
			Perubahan	c	f	i	Pemesan		Pengganti Dari : Diganti Dengan :		
			a	d	g	j					
			b	e	h	k					
ALAT BENDING DUDUKAN HANDPHONE								Skala	Digambar	30/06/25	R.ALDI P
								1:4	Diperiksa		
									Dilihat		
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG								SM6-PA-01/03,1			

2. ^{N8/}
Tol. Sedang

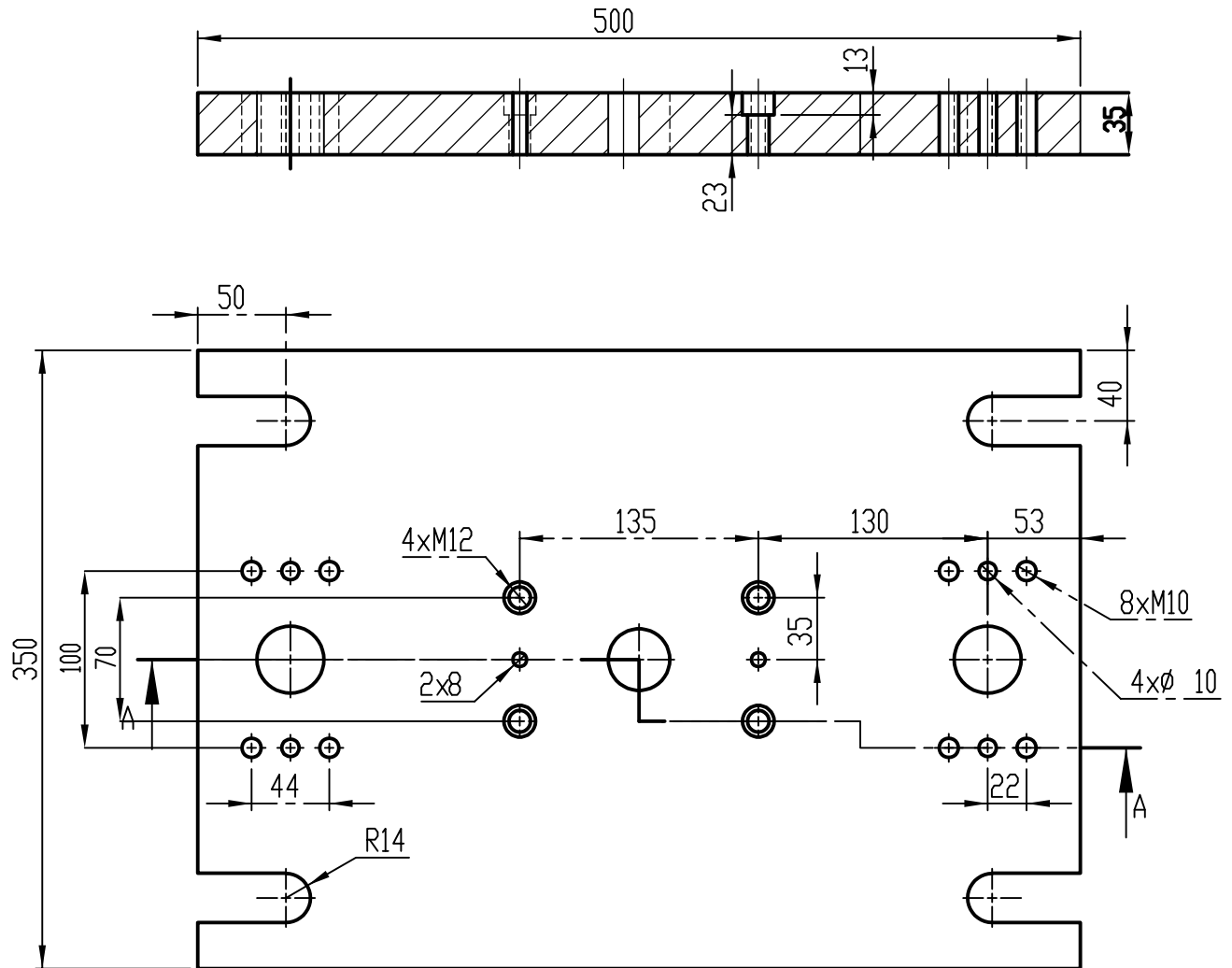
SECTION D-D
SCALE 1 : 2



		1	Die				2	SKD11	200x100x80		-		
Jumlah			Nama Bagian				No.Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan		
			Perubahan	c		f		i		Pemesan		Pengganti Dari : Diganti Dengan :	
			a		d		g		j				
			b		e		h		k				
ALAT BENDING DUDUKAN HANDPHONE										Skala	Digambar	30/06/25	R.ALDI P
										1:2	Diperiksa		
												Dilihat	
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG									SM6-PA-01/04,2				

8. ^{N8/}
Tol. Sedang

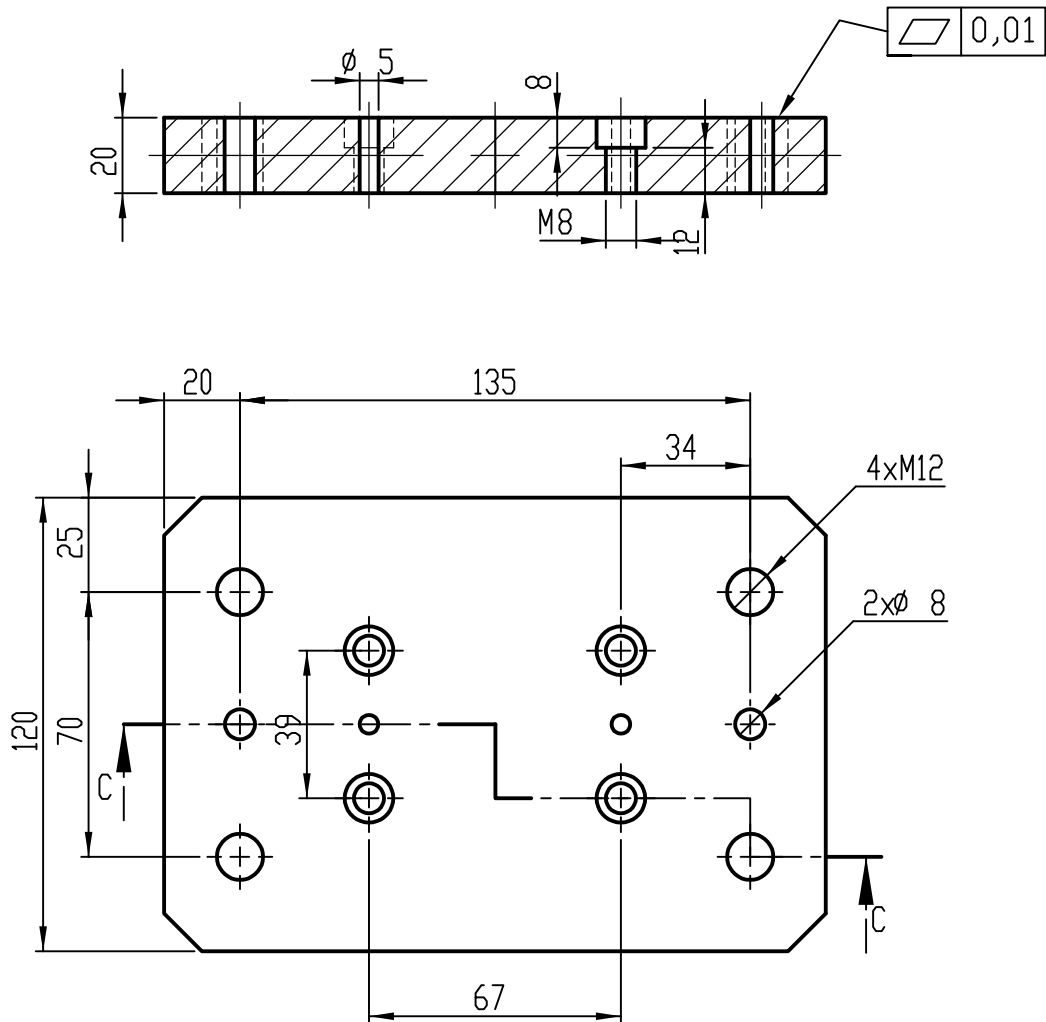
SECTION A-A
SCALE 1 : 4



		1	Upper Die				8	ST37	500x350x35		-		
Jumlah			Nama Bagian				No.Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan		
			Perubahan	c		f		i		Pemesan		Pengganti Dari : Diganti Dengan :	
			a		d		g		J				
			b		e		h		k				
ALAT BENDING DUDUKAN HANDPHONE										Skala	Digambar	30/06/25	R.ALDI P
										1:4	Diperiksa		
												Dilihat	
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG									SM6-PA-01/05,8				

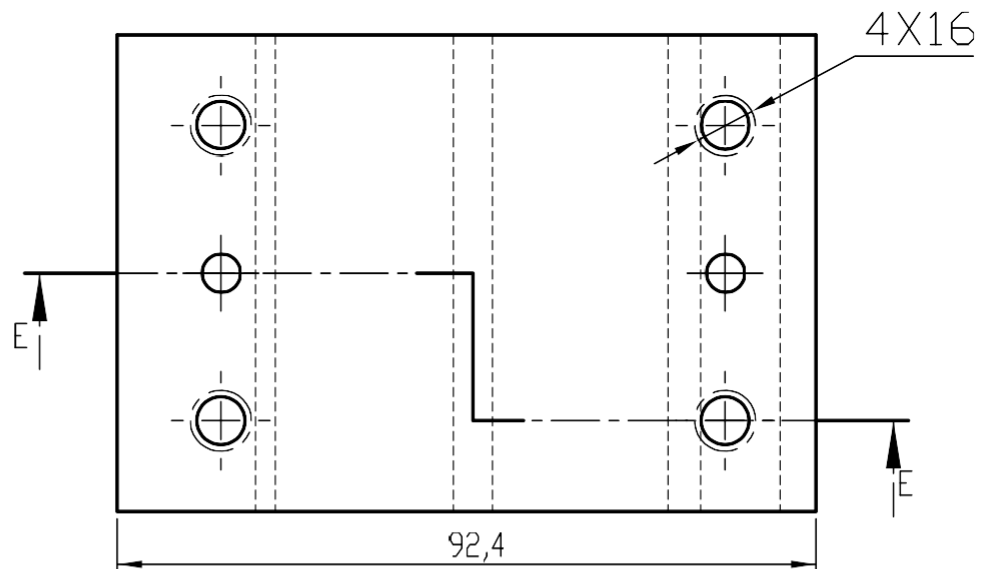
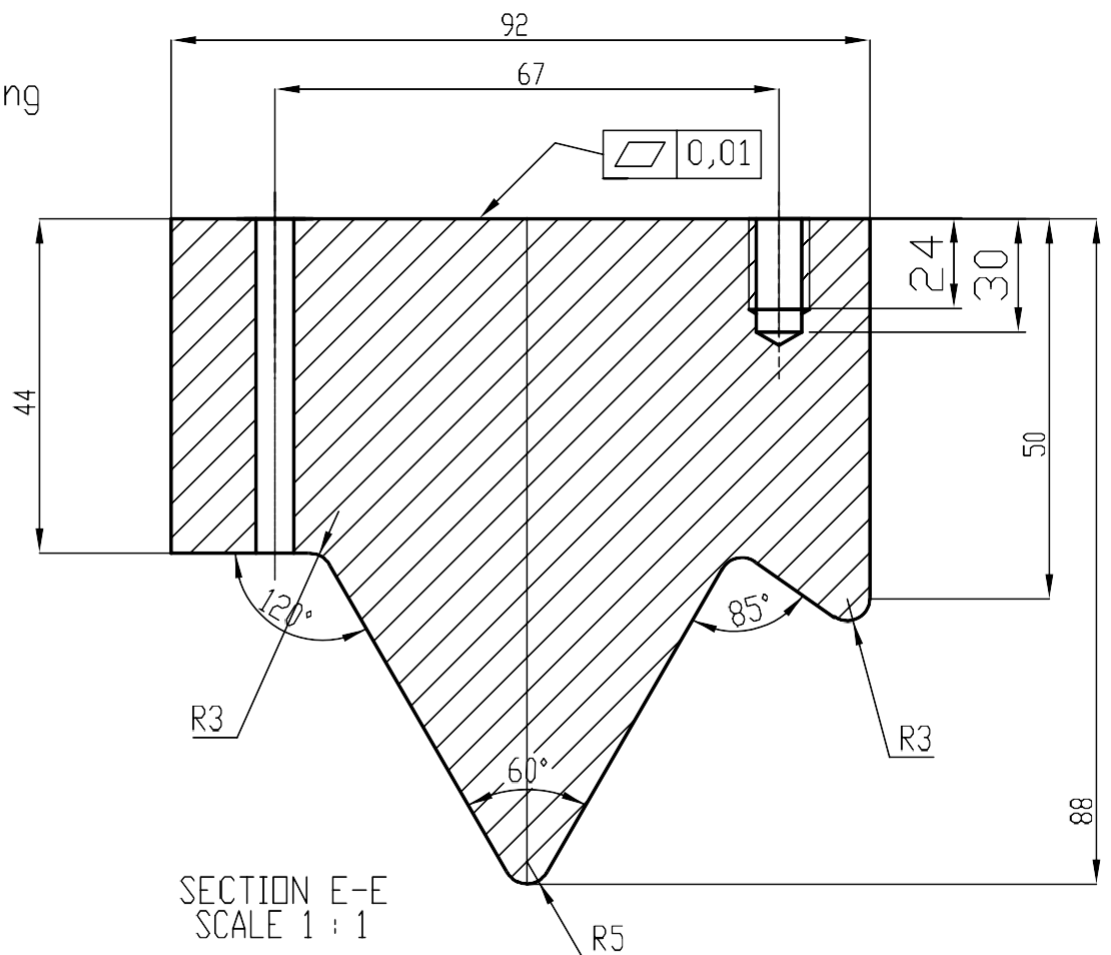
9. ^{N8/}
Tol. Sedang

SECTION C-C
SCALE 1 : 2



1	Backing Punch	9	ST37	175x120x20	-
Jumlah	Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
Perubahan	c	f	i	Pemesan	
a	d	g	j		
b	e	h	k		
ALAT BENDING DUDUKAN HANDPHONE			Skala	Digambar	30/06/25
			1:2	Diperiksa	R.ALDI P
				Dilihat	
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG			SM6-PA-01/06,9		

14. ^{N8/}
Tol. Sedang



		1	Punch				14	SKD11	92,4x63x85			-
Jumlah			Nama Bagian				No.Bag	Bahan	Ukuran			Keterangan
			Perubahan	c	f	i	Pemesan			Pengganti Dari : Diganti Dengan :		
			a	d	g	j						
			b	e	h	k						
ALAT BENDING DUDUKAN HANDPHONE								Skala	Digambar	30/06/25	R.ALDI P	
								1:1	Diperiksa			
									Dilihat			
POLMAN NEGERI BANGKA BELITUNG								SM6-PA-01/07,14				