

**Studi Kajian Proses Pembuatan *Weatherstrip Outer* Tanpa *Insert*
Tembaga di Pt. Ingress Malindo Ventures**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Muhamad Zulfikri Nurulhaq

NIM 221322013



**PROGRAM STUDI REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**STUDI KAJIAN PROSES PEMBUATAN *WEATHERSTRIP*
OUTER TANPA *INSERT* TEMBAGA DI PT. INGRESS
MALINDO VENTURES**

Oleh:

Muhamad Zulfikri Nurulhaq

NIM 221322013

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai tugas Akhir penutup program
Pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung.

Bandung, 23 Juli 2025

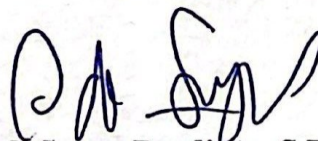
Disetujui,

Pembimbing I,



Dr. Kurniawan, S.ST., M.T.
NIP. 196803211991031004

Pembimbing II,



Adi Surya Pradipta, S.T., M.T.
NIP. 199107252022031004

Penguji I,



Dr. Aida Mahmudah S.T., M.T.
NIP. 197803242006042013

Disahkan,

Penguji II,



Ayunisa Fitriani Jilan, S.T., M.T.
NIP. 19970709092024062001

Penguji III,



Otto Purnawarman, S.T., MT.
NIP. 196207101989031004

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

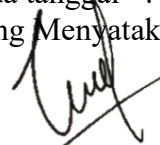
Nama : Muhamad Zulfikri Nurulhaq
NIM : 221322013
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Rekayasa Perancangan Mekanik
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Studi Kajian Proses Pembuatan Weatherstrip
Outer Tanpa Insert Tembaga di Pt. Ingress
Malindo Ventures

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 23 – 07 –2025
Yang Menyatakan,



Muhamad Zulfikri Nurulhaq
NIM 221322013

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:


Nama : Muhamad Zulfikri Nurulhaq
NIM : 221322013
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Rekayasa Perancangan Mekanik
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Studi Kajian Proses Pembuatan Weatherstrip
Outer Tanpa Insert Tembaga di Pt. Ingress
Malindo Ventures

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 23 – 07 – 2025
Yang Menyatakan,



Muhamad Zulfikri Nurulhaq
NIM 221322013

MOTO PRIBADI

No need to be perfect, just be better every day.

Tugas akhir ini saya persembahkan bagi kedua orang tua saya, kakak-kakak saya teman-teman saya, dan semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: Studi Kajian Proses Pembuatan Weatherstrip Outer Tanpa Insert Tembaga di PT. Ingress Malindo Ventures .

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Tugas Akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Dr. Kurniawan, SST., MT., dan Bapak Adi Surya Pradipta, S.T.,M.T
2. Para Penguji sidang tugas akhir Ibu Dr. Aida Mahmudah ST., MT., Ibu Ayunisa Fitriani Jilan, S.T.,M.T., dan Bapak Otto Purnawarman, ST.MT.
3. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Een Ratnengsih dan Bapak Alm. Acep Nurulhaq yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Untuk kakak-kakak penulis Faradila Nurulhaq dan Muhamad Zulfahmi Nurulhaq yang telah membantu dalam menjalani perkuliahan di POLMAN.

5. Sahabat – sahabat penulis Rizwan, Sidik, Fahrul, dan Ilham yang mendaftar masuk POLMAN bersama-sama dari SMKN 12 Bandung.
 6. Teman-teman kelas DEB 2021 serta teman-teman satu angkatan yang mendukung kesuksesan penulis dalam perkuliahan di POLMAN.
 7. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah U., S.ST., M.T.
 8. Ketua Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Bapak Bustami Ibrahim, S.ST., M.T.
 9. Ketua Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik, Bapak Reka Ardi Prayoga, S.T.,M.T
 10. Bapak Lilian Kristiawan selaku pembimbing industri PPI penulis di PT. Ingress Malindo Ventures.
 11. Serta semua pihak yang telah mendukung penulis baik dalam moril dan materi.
- Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 23 Juli 2024

Penulis

ABSTRAK

Weatherstrip adalah karet yang berfungsi sebagai pencegah air dan debu masuk melalui celah antara kaca mobil dan *frame* pintu mobil. Sekaligus menghaluskan dan meluruskan gerakan naik dan turun kaca mobil. Proses produksi *weatherstrip outer* memerlukan tingkat presisi tinggi agar produk dapat memenuhi standar kualitas dan kinerja optimal. Pada produk *weatherstrip* yang telah beredar terdapat material logam sebagai *core* atau *insert* pada bagian *run channel*, dan akan dibalut oleh material PVC. Saat ini, *weatherstrip outer* menggunakan kawat tembaga sebagai insert penahan bentuk setelah proses bending. Namun, harga tembaga yang tinggi mendorong perlunya pencarian material alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan material pengganti kawat tembaga yang memiliki performa serupa dalam menahan efek *springback* tanpa perubahan proses manufaktur. Melalui pendekatan *material selection* menggunakan Ashby *chart* berbasis indeks material $MI = \frac{E}{Y} = \frac{E}{\sigma}$ dan uji *bending* sesuai standar ISO 7438, dipilih material *aluminium alloy* sebagai material yang paling sesuai. Selain memiliki nilai indeks material yang mendekati optimal, aluminium juga lebih ekonomis. Hasil percobaan menunjukkan bahwa spesimen aluminium dengan dimensi penampang 3x1 mm dan panjang 150 mm menghasilkan sudut rata-rata 155,7°, yang masih berada dalam batas toleransi (153° +3°-2°). Dengan demikian, *aluminium alloy* terbukti layak menggantikan kawat tembaga sebagai *insert* pada *weatherstrip outer*.

Kata kunci: Ashby *Chart* , Otomotif, Pemilihan Material, *Springback*, *Weatherstrip Outer*.

ABSTRACT

Weatherstrips are rubber strips that prevent water and dust from entering through the gap between the car window and the door frame. They also smoothen and straighten the up and down movement of the car window. The production process of outer weatherstrips requires a high level of precision so that the product can meet quality standards and optimal performance. In currently available weatherstrip products, metal material is used as the core or insert in the run channel section and is covered by PVC material. Currently, outer weatherstrips use copper wire as the shape-retaining insert after the bending process. However, the high cost of copper has driven the need to seek alternative materials. This study aims to determine an alternative material to copper wire that has similar performance in resisting springback effects. Through a material selection using Ashby chart based on the material index $MI = \frac{E}{Y} = \frac{E}{\sigma}$ and bending tests according to ISO 7438 standards, aluminum alloy was selected as the most suitable material. In addition to having a material index value close to optimal, aluminum is also more economical. Experimental results show that aluminum specimens with cross-sectional dimensions of 3x1 mm and a length of 150 mm produce an average angle of 155.7°, which remains within the tolerance limits (153° ±3°). Thus, aluminum alloy has proven to be a viable replacement for copper wire as an insert in weatherstrip outer.

Keyword: *Ashby Chart, Automotive, Material Selection, Springback, Weatherstrip Outer.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-4
I.5 Sistematika Penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Weatherstripping	II-1
II.1.1 <i>Weatherstripping</i> Pada Mobil	II-1
II.1.2 <i>Weatherstrip Outer</i>	II-2
II.1.3 <i>Proses Manufaktur Weatherstrip Outer</i>	II-3
1. Proses Stretch Bending	II-4
2. Mesin Stretch Bending.....	II-5
II.2 <i>Springback</i>	II-6
II.2.1 Persamaan <i>Springback</i> (<i>Kalpakistan Equation</i>)	II-6
II.2.2 Pengaruh Ketebalan <i>Core</i> terhadap <i>Springback</i>	II-7
II.3 Material pada Desain.....	II-8
II.3.1 <i>Mechanical Properties</i> (Sifat mekanis)	II-9
1. <i>Yield strength</i> (Kekuatan Luluh).....	II-9
2. <i>Young's Modulus</i> (Modulus Young).....	II-10
II.3.2 <i>Rasio Poisson</i>	II-11

II.3.3	<i>Stiffness</i> (Kekakuan).....	II-11
II.3.4	<i>Material Index</i> (Indeks Material).....	II-12
II.4	Pemilihan Material (<i>Ashby Chart</i>)	II-12
II.4.1	<i>Material Property Charts</i>	II-14
II.4.2	<i>Checking Fixture</i>	II-14
II.4.3	<i>Video Measuring Machine</i> (VMM)	II-14
II.4.4	Standar Uji Bending	II-15
II.4.5	Standar Uji ISO7438	II-16
1.	<i>Test equipment</i> (Perangkat Pengujian).....	II-17
II.5	<i>Monte Carlo Simulation</i>	II-19
II.6	Studi Penelitian Terdahulu	II-19
BAB III METODOLOGI PELAKSANAAN.....		III-1
III.1	Diagram Alir Penelitian	III-1
III.1.1	Pernyataan Masalah	III-2
III.1.2	Pengumpulan Data	III-2
III.1.3	Daftar Tuntutan	III-2
III.1.4	Kajian produk <i>existing</i>	III-3
III.1.5	Pemilihan Material Pengganti Tembaga	III-3
III.1.6	Kajian Perubahan Bentuk Penampang <i>Insert</i>	III-4
III.1.7	Kajian Material Terpilih dengan Bentuk Terpilih.....	III-4
III.2	<i>Finite Element Analysis</i>	III-5
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		IV-1
IV.1	Kajian Produk Weatherstrip Outer.....	IV-1
IV.1.1	<i>Mesh Sizing</i>	IV-2
IV.1.2	Data Material.....	IV-2
IV.1.3	Solution	IV-2
IV.2	Pemilihan Material Pengganti Tembaga	IV-6
IV.2.1	Menerjemahkan Kebutuhan Perancangan.....	IV-7
1.	Mendefinisikan fungsi objektif	IV-7
2.	Mendefinisikan batasan.....	IV-8
IV.2.2	Penyaringan/Mengeliminasi)	IV-9
IV.2.3	Rangking (Peringkat)	IV-11
IV.3	Kajian Perubahan Bentuk <i>Insert</i>	IV-13
IV.4	Validasi Menggunakan Spesimen	IV-15
IV.4.1	Peralatan Uji.....	IV-15
1.	Spesimen uji	IV-16

2. Perangkat <i>Bending</i>	IV-17
IV.5 Tahapan Uji Coba Eksperimen	IV-17
IV.6 Hasil Uji	IV-19
1. Ukuran Spesimen Uji	IV-20
2. Perbandingan Hasil Analisis dengan Hasil Uji Eksperimen	IV-22
BAB V PENUTUP	V-1
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA	xvii
Lampiran 1	viii
Lampiran 2	x
Lampiran 3	xiv
Lampiran 4	viii
Lampiran 5	viii
Lampiran 6	viii

DAFTAR TABEL

Tabel III-1 Data teknis	III-2
Tabel III-2 Daftar tuntutan	III-3
Tabel IV-1 Data material	IV-2
Tabel IV-2 Fungsi objektif.....	IV-7
Tabel IV-3 Material properti tembaga	IV-12
Tabel IV-4 Material indeks	IV-12
Tabel IV-5 Material performa terhadap harga	IV-13
Tabel IV-6 bentuk profil dengan sudut akhir setelah <i>bending</i>	IV-14
Tabel IV-7 Ukuran sudut spesimen uji	IV-21

DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1 Kondisi Produk Aktual	I-2
Gambar II-1 Weatherstripping	II-1
Gambar II-2 Posisi Weatherstripping pada mobil[5].....	II-2
Gambar II-3 kondisi Weahterstrip pada pintu mobil	II-2
Gambar II-4 Alur proses manufaktur produk [3].....	II-4
Gambar II-5 Proses Stretch Bending[8].....	II-5
Gambar II-6 Gambar mesin stretch bending.....	II-5
Gambar II-7 Definisi <i>springback</i> [10].....	II-6
Gambar II-8 <i>Springback</i> pada proses bending[11].	II-7
Gambar II-9 Profil <i>springback</i> berdasarkan ketebalan core [12].....	II-8
Gambar II-10 Interaksi material antara fungsi, proses, dan bentuk [15].	II-9
Gambar II-11 Kurva tegangan-regangan[18].....	II-10
Gambar II-12 Young's Modulus[19].....	II-11
Gambar II-13 Poison's ratio lateral strain / longitudinal strain	II-11
Gambar II-14 Tahapan pemilihan material[23].	II-13
Gambar II-16 Gambar Checking fixture	II-14
Gambar II-17 <i>Video Measuring Machine</i>	II-15
Gambar II-18 <i>Bending device</i> [27].....	II-17
Gambar III-1 Flowchart Penelitian	III-1
Gambar III-2 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	III-1
Gambar IV-1 Mesh sizing.....	IV-2
Gambar IV-5 Grafik pergerakan <i>punch</i>	IV-3
Gambar IV-6 Grafik deformasi produk	IV-4
Gambar IV-7 Produk sebelum <i>bending</i>	IV-4
Gambar IV-8 Produk ketika proses <i>bending</i>	IV-5
Gambar IV-9 Produk setelah proses <i>bending</i>	IV-5
Gambar IV-10 perbandingan produk sebelum <i>springback</i> dan setelah <i>springback</i>	IV-6
Gambar IV-11 Batasan Pemilihan Kelompok Material	IV-9
Gambar IV-12 Pemilihan material yang memenuhi batasan	IV-11

Gambar IV-13 Posisi dan bentuk produk.....	IV-13
Gambar IV-14 Skema uji	IV-16
Gambar IV-15 Spesimen uji	IV-16
Gambar IV-16 Mesin <i>press</i> manual	IV-17
Gambar IV-17 Spesimen Uji Setelah Proses Bending.....	IV-20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	<i>Curriculum Vitae</i>
Lampiran 2	Standar Uji <i>Bending</i>
Lampiran 3	Harga <i>Raw Material</i>
Lampiran 4	Data Hasil <i>Trial</i>
Lampiran 5	Hasil Pengukuran VMM
Lampiran 6	Gambar Kerja

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Al Alloy	= Aluminium Alloy
C	= Celsius
CF	= Checking Fixture
CuZn	= Kuningan
E	= Modulus Elastisitas (GPa)
FEA	= <i>Finite Element Analysis</i>
GPa	= Giga Pascal
ISO	= <i>International Organization for Standardization</i>
KS	= Faktor <i>Springback</i>
Mg Alloy	= Magnesium Alloy
MI	= Material Indeks
MPa	= Mega Pascal
Ni Alloy	= Nickel Alloy
PP-TPO	= <i>Polypropylene Thermoplastic Olefin</i>
PVC	= <i>Polyvinyl Chloride</i>
QC	= <i>Quality Control</i>
R	= Radius (m)
R_f	= Radius bending akhir (m)
R_i	= Radius bending mula-mula (m)
T	= Tebal Pelat (m)
θ_f / α_f	= Sudut Bending akhir
θ_i / α_i	= Sudut Bending awal
σ_y / Y	= <i>Yield Strength</i> (MPa)
KS	= Faktor <i>Springback</i>
VMM	= <i>Video Measurement Machine</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Industri otomotif global dan nasional terus mengalami dinamika yang pesat, didorong oleh inovasi teknologi, pergeseran preferensi konsumen, serta tuntutan regulasi yang semakin ketat. Di Indonesia, sektor otomotif menunjukkan pertumbuhan signifikan dengan jutaan unit mobil beredar, namun juga dihadapkan pada tantangan besar, salah satunya adalah transisi menuju era kendaraan listrik (EV). Dengan adanya kebijakan pemerintah untuk memberikan insentif pajak kendaraan listrik, termasuk pengurangan Pajak Pertambahan Nilai (PPN) dan Pajak Penjualan atas Barang Mewah (PPnBM). Hal ini menyebabkan para produsen mobil dengan mesin pembakaran dalam perlu menyesuaikan dalam menarik konsumen. Upaya menarik konsumen ini salah satunya dengan mengurangi harga jual dari produk yang mereka jual, namun perusahaan mesti berhati-hati dalam mengurangi harga jual. Salah satu cara untuk mengurangi harga jual adalah dengan mengurangi ongkos produksi dari pembuatan mobil tersebut [1].

Weatherstripping adalah proses menutup celah di sekitar pintu, jendela, dan bagasi untuk mencegah masuknya air dan udara dingin. *Weatherstrip* merupakan salah satu komponen yang ada pada mobil yang berfungsi sebagai pencegah air dan debu masuk melalui celah antara kaca mobil dan *frame* pintu mobil. Sekaligus menghaluskan dan meluruskan gerakan naik dan turun kaca mobil. Termasuk untuk meredam getaran kaca saat mobil berjalan serta menahan bagian atas kaca saat posisi tertutup [2].

PT. Ingress Malindo Ventures yang terletak di daerah Cikarang, Kab. Bekasi merupakan perusahaan yang bergerak di bidang otomotif, PT. Ingress Malindo Ventures memproduksi komponen mobil seperti *door sash*, *heat insulator*, *exhaust system*, serta *sealing system extrusion parts* termasuk *weatherstrip* [3]. *Weatherstrip outer* yang merupakan komponen yang penting akan mengalami penyesuaian untuk mengurangi ongkos produksi. *Weatherstrip outer* saat ini, terdapat material tembaga sebagai penahan sifat mekanis setelah proses *bending* dilakukan.

Weatherstrip outer dibuat dalam beberapa tahapan produksi, proses produksi diawali dari mesin *uncoiler* yang merupakan mesin pembuka gulungan material logam. Gulungan logam ini merupakan berfungsi sebagai *insert weatherstrip outer* Gulungan logam selanjutnya akan dilapisi oleh material PVC pada mesin *extrusion*. Material PVC yang melapisi insert akan memiliki bentuk penampang yang mengikuti kontur panel pintu mobil. Setelah proses ekstrusi, material akan melewati proses *flocking*. Pada proses ini material akan dilapisi oleh perekat atau lem, material akan ditaburi oleh debu *nylon*. Setelah melewati proses *flocking*, material masih berbentuk lurus. Material yang lurus ini akan diproses oleh mesin stretch bending dengan tujuan membentuk kontur yang melengkung seperti pada Gambar I-1. Material yang telah memiliki kontur melengkung dengan sudut 153° akan dipotong menjadi ukuran 700mm. Setelah proses pemotongan, material akan mengalami proses *press forming* yang bertujuan untuk membentuk kontur tempat dipasangkan *end cap*. Proses terakhir pada pembuatan *weatherstrip outer* adalah proses perakitan *end cap* pada *weatherstrip outer*.



Gambar I-1 Kondisi produk aktual

Pada Gambar I-1 menunjukkan bahwa produk *weatherstrip outer* memiliki kontur melengkung yang presisi, dirancang untuk menyesuaikan bentuk panel pintu belakang mobil. Oleh karena itu, komponen ini harus melalui proses pembengkokan (*bending*) untuk mencapai bentuk yang diinginkan. Namun, pasca-pembengkokan, produk mengalami fenomena *springback*, yaitu kecenderungan material untuk kembali pada bentuk semula. Kondisi *springback* ini menyebabkan defleksi pada bentuk akhir produk, membuatnya tidak lagi sesuai dengan spesifikasi dan berada di luar rentang toleransi yang ditetapkan, sehingga mengakibatkan produk tersebut menjadi cacat.

Kawat tembaga selama ini digunakan sebagai material tambahan dalam produksi *weatherstrip outer*, berfungsi sebagai penahan bentuk agar sifat mekanis produk tetap terjaga setelah proses bending. Namun, dengan harga tembaga yang ada pada kisaran \$9-\$10 USD sehingga berdampak signifikan terhadap meningkatnya biaya produksi, sehingga melebihi nilai ekonomis dari harga jual produk akhir. Oleh karena itu, diperlukan penggantian material tembaga disertai dengan analisis menyeluruh terhadap efek *springback* yang terjadi pasca proses pembentukan, agar dimensi akhir produk tetap berada dalam batas toleransi yang diizinkan dan tidak mengubah alur proses manufaktur pembuatan *weatherstrip outer*.

Penelitian ini difokuskan pada penentuan material alternatif yang sesuai sehingga memungkinkan pembuatan *weatherstrip* tanpa penggunaan tembaga sebagai *insert*. Selain itu, penelitian juga mencakup analisis bentuk insert yang mampu menahan deformasi dengan lebih baik. Evaluasi performa *springback* akan dilakukan melalui pengujian sesuai standar ISO 7438, guna memastikan hasil dari pemilihan material yang sesuai.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Apa material pengganti tembaga pada produk *Weatherstrip Outer*?
2. Bagaimana bentuk *insert* produk tanpa penggunaan material tembaga?

I.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan agar pengerjaan ini lebih terarah dan tidak meluas, maka perlu adanya pembatasan sebagai berikut:

1. Bentuk dan dimensi insert tidak boleh melebihi dimensi produk.
2. Material pengganti tembaga aman bagi kesehatan dan lingkungan (Standar OSHA)
3. Evaluasi material di analisis menggunakan *software* Ansys.
4. Kajian hanya berfokus pada insert tembaga sebagai penguat *weatherstrip outer*.
5. Validasi material terpilih menggunakan pengujian standar ISO 7438.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Mencari pengganti material pengganti *insert* tembaga pada *weatherstrip outer*.
2. Penggantian tembaga *insert* pada produk *weatherstrip outer* tetap menjaga pemenuhan kualitas *weatherstrip outer*.

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah mengurangi biaya material akibat tingginya harga material tembaga pada produk *weatherstrip outer*.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.
3. BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, Pada bab ini akan dijelaskan pendekatan penelitian yang digunakan, termasuk jenis penelitian, desain penelitian, dan langkah-langkah sistematis yang ditempuh untuk menjawab rumusan masalah. Selain itu, akan dipaparkan, instrumen penelitian yang digunakan, serta metode analisis data yang diterapkan untuk mengolah informasi yang diperoleh. Tujuan dari bab ini adalah untuk memberikan transparansi dan justifikasi ilmiah terhadap prosedur penelitian yang dilaksanakan, sehingga keabsahan dan reliabilitas hasil penelitian dapat dipertanggungjawabkan.
4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, Pada bab ini, temuan-temuan utama yang diperoleh dari pengumpulan dan pengolahan data akan dipaparkan secara sistematis. Selanjutnya, setiap hasil akan dianalisis dan diinterpretasikan secara mendalam, dikaitkan dengan landasan teori yang relevan, serta dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Tujuan dari bab ini adalah untuk memberikan pemahaman yang komprehensif

mengenai implikasi dan signifikansi hasil penelitian dalam menjawab rumusan masalah yang telah diajukan

5. BAB V PENUTUP, memuat kesimpulan dan saran. Bagian kesimpulan secara ringkas harus menjawab seluruh rumusan masalah yang telah ditetapkan, idealnya dengan jumlah poin yang paralel dengan rumusan masalah, identifikasi masalah, atau tujuan penelitian. Sementara itu, bagian saran menyajikan rekomendasi dari penulis yang ditujukan sebagai perbaikan atau referensi bagi mahasiswa atau peneliti lain yang tertarik untuk melanjutkan atau mengembangkan penelitian serupa di masa mendatang.