

Peningkatan Ergonomi Pada *Loading* Dan *Unloading* Proses *Heat treat* Produk *Meggitt (Core)*

Jacky Armansyah, Roza Puspita, and Wowo Rosbandrio

* Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknik Mesin
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia
¹E-mail: jackyarm123@gmail.com

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufacturing yang memproduksi suku cadang pesawat (*Aerospace*). Salah satu hasil produksinya adalah *core*. Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari interaksi kompleks antara aspek pekerjaan yang meliputi peralatan kerja, tatacara kerja, proses atau sistem kerja dan lingkungan kerja dengan kondisi fisik, fisiologis dan psikis manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah ergonomi yang dialami oleh pekerja di departemen *Heat treat* terutama sakit pinggang, masalah ergonomi terjadi akibat beban *tooling* yang berat saat melakukan *Loading* dan *unloading* dengan cara berulang pada proses *Heat treat*. Dalam penelitian ini, dilakukan peningkatan dengan modifikasi *tooling* untuk mengurangi beban tersebut dan mengurangi aktivitas yang berisiko. Metode penelitian melibatkan perumusan masalah, studi literatur, pengujian, design, pembuatan *tooling*, dan analisis hasil modifikasi tersebut. Dengan modifikasi ini dapat mengurangi ukuran beban *tooling* yang sebelumnya adalah 10,6 kg menjadi 4,6 kg sekaligus mengurangi risiko cedera sakit pinggang yang dialami oleh operator. Hasil akhir dari penelitian ini menggunakan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) guna untuk mendukung penelitian ini, metode ini sangat efektif digunakan karena tidak memerlukan keterampilan yang kompleks atau peralatan yang mahal dalam menentukan tingkat risiko ergonomi tersebut. Nilai akhir yang didapat sebelum dan sesudah dilakukannya peningkatan masing-masing adalah (8) yang termasuk dalam kategori risiko tinggi dengan level risiko 3 dan (4) termasuk dalam kategori sedang yang mendekati rendah dengan level risiko 2, yang artinya peningkatan ini sangat membantu dalam mengatasi permasalahan pada *ergonomics* tersebut.

Kata kunci: Ergonomi, *Loading* dan *Unloading*, *Heat treat*, *Tooling*, REBA

Abstract

PT. XYZ is a manufacturing company specializing in the production of aircraft components (*Aerospace*). One of its products is the *Bellows/core*. Ergonomics is the science that studies the complex interaction between job aspects including work equipment, work procedures, work processes or systems, and the work environment with the physical, physiological, and psychological conditions of humans. This research aims to address ergonomic issues experienced by workers in the *Heat treat* department, particularly lower back pain, resulting from heavy *tooling* loads during repetitive *Loading* and *unloading* in the *Heat treat* process. In this research, improvements were made by modifying the *tooling* to reduce the load and minimize high-risk activities. The research methodology involved problem formulation, literature review, *tooling* creation, and analysis of the modification results. This modification can reduce the size of the *tooling* load from previously 10.6 kg to 4.6 kg while reducing the risk of back pain experienced by operators. The final results of this study used the REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) method to support the research. This method is highly effective because it does not require complex skills or expensive equipment to determine the level of ergonomic risk. The final scores obtained before and after the improvement were 8, which falls into the high-risk category with a risk level of 3, and 4, which falls into the medium category approaching low risk with a risk level of 2. This indicates that the improvement significantly helps in addressing the ergonomic problems.

Keywords: Ergonomics, *Loading* and *Unloading*, *Heat treat*, *Tooling*, REBA

1 Pendahuluan

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari interaksi kompleks antara aspek pekerjaan yang meliputi peralatan kerja, tatacara kerja, proses atau sistem kerja dan lingkungan kerja dengan kondisi fisik, fisiologis dan psikis manusia [1,2]. Ergonomi adalah ilmu serta penerapannya yang berusaha untuk menyasrakan pekerjaan dan lingkungan terhadap orang atau sebaliknya dengan tujuan tercapainya produktivitas dan efisiensi yang setinggi-tingginya melalui pemanfaatan manusia seoptimal-optimalnya. Dalam hal ini ergonomi berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengendalikan faktor risiko agar pekerja dapat bekerja dengan aman, nyaman, efisien, dan produktif [3].

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang *manufacturing* yang memproduksi suku cadang pesawat (*Aerospace*), salah satu produksinya adalah produk *Meggitt (core)*. *Core* merupakan komponen fleksibel seperti akordeon yang digunakan untuk mengakomodasi perubahan panjang komponen internal akibat ekspansi termal. Produk ini memerlukan proses-proses *heat treatment*.

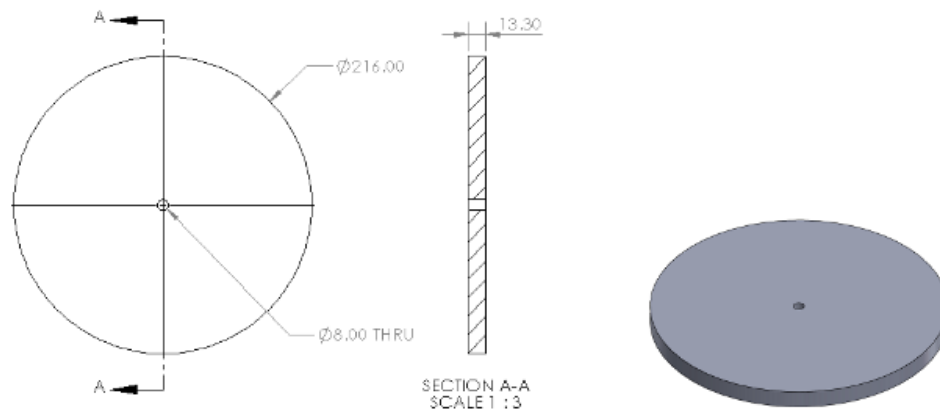
Loading dan *unloading* adalah kegiatan bongkar muat barang dari suatu tempat ke tempat lainnya atau bisa disebut juga pemindahan suatu barang [4]. *Loading* dan *unloading* pada penelitian ini adalah proses pemindahan barang dari trolley ke dalam mesin yang dilakukan secara berulang dengan cara manual pada proses *heat treat*. *Heat treatment* (perlakuan panas) adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol dengan maksud mengubah fisik dari logam. Ada beberapa proses *heat treatment* diantaranya adalah *annealing*, *normalizing*, *hardening*, dan *tempering* [5]. Pada penelitian ini proses yang digunakan adalah *annealing*, *tempering*, *cryogenic*, dan *oven*.

Proses *annealing* adalah proses laku panas dengan bahan mengalami pemanasan yang mendadak, temperatur dipertahankan tetap selama waktu tertentu kemudian dilakukan pendinginan secara pelan-pelan (*temperature annealing*) [6]. Proses *tempering* adalah untuk menghilangkan tegangan sisa akibat *annealing* yang bisa menimbulkan retak dan untuk mengembalikan ketangguhan bahan, yaitu dengan cara memanaskan sampai temperatur tertentu yang lebih rendah dari temperatur *annealing* [5]. *Cryogenic* adalah proses perlakuan dingin baja konvensional untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan setelah dilakukan *heat treat* [7]. Dan *oven* digunakan untuk mengeringkan atau menurunkan kandungan air setelah dilakukan proses *cryogenic*.

Untuk melakukan proses *heat treat* ini diperlukan alat bantu yaitu *Tooling Holder Fixture* yang berguna untuk menjaga kondisi *core* saat proses berlangsung. Namun, beban *tooling* yang diangkat itu cukup berat, sehingga membuat *operator* mengalami sakit pinggang, hal ini menjadi salah satu penyebab masalah postur tubuh yang tidak ergonomis yang terjadi pada *Loading* dan *unloading* proses *heat treat*.

Mengangkat beban berat sering kali menimbulkan masalah ergonomi yang serius di tempat kerja. Pekerjaan yang melibatkan pengangkatan atau pemindahan benda-benda berat dapat menyebabkan cedera fisik, seperti cedera otot, cedera tendon, atau cedera tulang. Selain itu, penggunaan postur tubuh yang tidak tepat saat mengangkat beban berat dapat menyebabkan stres pada sendi-sendi utama seperti punggung, bahu, lutut, dan pergelangan tangan [3]. Aktivitas pengangkatan alat atau material secara manual meliputi berbagai kegiatan termasuk *loading* dan *unloading* yang dilakukan secara berulang terus menerus oleh *operator heat treat* di PT. XYZ [8].

Permasalahan ergonomi yang terjadi pada *loading* dan *unloading* proses *heat treat* disebabkan oleh pengangkatan *tooling* yang memiliki beban berat yang dilakukan secara berulang dari proses awal (*annealing*) hingga proses akhir (*oven*). Masalah ergonomi ini diketahui setelah *operator* mengeluh dan melaporkan hal ini kepada *engineering*, bahwasannya *operator* mengalami sakit pinggang saat *loading* dan *unloading tooling* untuk produk *core* tersebut. Oleh karena itu, penulis ingin meningkatkan ergonomi ini dengan cara memodifikasi *tooling* yang dipakai sebelumnya. Berikut *drawing tooling* sebelum dimodifikasi, dapat dilihat pada gambar 1 dan 2 di bawah ini.



Gambar 1: Drawing Tooling Holder Fixture Sebelumnya



Gambar 2: Tooling Holder Fixture Yang Dipakai Sebelumnya

Salah satu metode dalam bidang ergonomi untuk mengevaluasi postur kerja adalah menggunakan metode *REBA* (*Rapid Entire Body Assessment*) yang digunakan secara cepat untuk menilai postur seluruh anggota tubuh untuk mengidentifikasi risiko yang berhubungan dengan pekerjaan [9]. Berikut lembar kerja penilaian postur tubuh menggunakan metode *REBA*. Bisa dilihat pada gambar 3 di bawah ini.

REBA Employee Assessment Worksheet

Task Name: _____

Date: _____

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

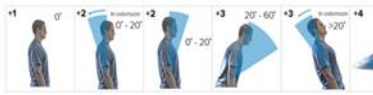
Step 1: Locate Neck Position



Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score

Step 2: Locate Trunk Position



Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score

Step 3: Legs

Adjust:



Leg Score

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs.: +0
If load 11 to 22 lbs.: +1
If load > 22 lbs.: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Force / Load Score

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A

Scoring

- 1 = Negligible Risk
- 2-3 = Low Risk. Change may be needed.
- 4-7 = Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
- 8-10 = High Risk. Investigate and Implement Change
- 11+ = Very High Risk. Implement Change

Scores

Table A		Neck											
		1				2				3			
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Posture	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7	
Score	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:



Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

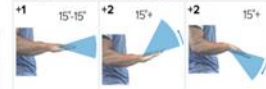
Upper Arm Score

Step 8: Locate Lower Arm Position:



Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position:



Wrist Score

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handle and mid range power grip, **good: +0**
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, **fair: +1**
Hand hold not acceptable but possible, **poor: +2**
No handles, awkward, unsafe with any body part, **Unacceptable: +3**

Coupling Score

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B

Step 13: Activity Score

+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Table C		Score B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Score A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11
	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

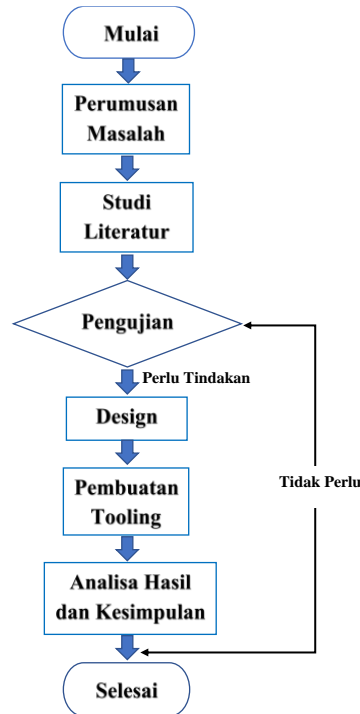
Table C Score + Activity Score = REBA Score

Gambar 3: Lembar Kerja Penilaian Metode REBA [10]

Penulis berfokus pada peningkatan ergonomi ini dengan cara memodifikasi *tooling* dan menetapkan batasan masalah berupa identifikasi masalah metode kerja yang tidak ergonomis yang terjadi pada *Loading* dan *unloading* proses *heat treat* dan penggunaan alat bantu yang kurang efisien. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan ergonomi menjadi lebih efisien dengan cara memodifikasi *tooling* yang dipakai sebelumnya dan mengurangi aktivitas yang tidak diperlukan pada proses *heat treat*.

2 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi experimental. Studi experimental adalah prosedur penelitian yang dilakukan melalui pengujian. Terkait diagram alur proses, diagram ini digunakan dalam pemodifikasian *tooling Holder Fixture*. Dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 4: Flowchart Proses Pemodifikasian Tooling Heat treat

Prosedur berikut ini disajikan agar perancangan pembuatan ini dapat dilaksanakan secara terencana. Berikut penjelasan langkah – langkah yang akan dilakukan:

A. Mulai

Segala sesuatu untuk menyelesaikan modifikasi ini harus dipersiapkan terlebih dahulu, mulai dari bahan, peralatan, dan perkakas yang akan digunakan.

B. Perumusan masalah

Penelitian melibatkan perumusan masalah yang akan mempermudah penulis untuk melakukan penelitian karena fokus penelitian telah diperkecil. Metode perumusan masalah ini mencegah masalah penelitian menjadi lebih luas.

C. Studi Literatur

Penggunaan metode *REBA* terhadap masalah pada ergonomi yang terjadi pada proses *Heat Treat* di PT. XYZ menggunakan referensi dan publikasi yang relevan.

D. Pengujian

Pengujian ini dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *REBA*, untuk memastikan perlu atau tidaknya tindakan untuk masalah pada ergonomi tersebut.

E. Design

Pada langkah ini, gambar kerja dirancang dengan menggunakan software “*SolidWorks*” yang mengarah pada hasil dari perancangan yang terukur. *Design final* dari *Tooling Holder Fixture* untuk produk *Meggitt (Core)*. Dapat dilihat pada gambar 10, 11, dan 12 di bagian analisis.

F. Pembuatan Tooling

Pada tahap ini pembuatan dilakukan oleh *Operator* departemen Machine Shop. Pada proses pembuatan, mesin yang digunakan yaitu mesin *CNC Turning* dengan material berupa *AISI D2*.

G. Analisa Hasil dan Kesimpulan

Pada tahap ini, penulis mengevaluasi efektivitas hasil modifikasi pada *tooling*, termasuk kondisi ergonomi pekerja sebelum dan setelah modifikasi. Hal ini membantu menilai sejauh mana modifikasi telah mengurangi masalah pada ergonomi.

3 Hasil Dan Pembahasan

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan pengamatan di PT. XYZ. Setelah dilakukannya pengamatan terdapat suatu masalah yang terjadi di PT. XYZ, salah satu masalah yang dihadapi adalah terdapat beberapa proses kerja yang memiliki metode kerja atau fasilitas yang tidak ergonomis dengan tubuh pekerja. Oleh karena itu, terdapat beberapa pekerja yang mengeluh adanya rasa sakit pada bagian tubuh seperti sakit pinggang. Studi literatur yang dilakukan adalah pencarian teori mengenai ergonomi, postur kerja dan beban berat, REBA (*Rapid Entire Body Assesment*) dalam menyelesaikan masalah yang terjadi di PT. XYZ.

A. Postur Tubuh Pada Proses *Heat Treat* Menggunakan Metode REBA Sebelum Peningkatan

Berikut contoh gambar *operator* yang sedang melakukan beberapa proses *loading* dan *unloading* yang diperlukan pada *annealing*, *tempering*, *cryogenic*, dan *oven* pada proses *Heat Treat*. Bisa dilihat pada gambar 5, 6, dan 7 di bawah ini.



Gambar 5: Postur Tubuh 1



Gambar 6: Postur Tubuh 2



Gambar 7: Postur Tubuh 3

Tabel 1. Nilai Perpindahan Posisi Batang Leher

Perpindahan Posisi	Nilai	Nilai Perubahan
Jika posisi batang leher sudutnya 0-20° kedepan	1	+1 jika posisi batang leher keadaan berputar/bengkok
Jika posisi batang leher lebih dari 20° kedepan dan kebelakang	2	

Tabel 2. Nilai Perpindahan Posisi Batang Tubuh

Perpindahan Posisi	Nilai	Nilai Perubahan
Jika posisi normal (tegak lurus)	1	+ 1 jika posisi memutar atau miring kesamping
Jika posisi 0° – 20° kedepan maupun kebelakang	2	
Jika posisi 20° – 60° kedepan dan > 20° kebelakang.	3	
Jika posisi >60° kedepan	4	

Tabel 3. Nilai Perpindahan Posisi Kaki

Perpindahan Posisi	Nilai	Nilai perubahan
Posisi Kaki keadaan normal atau seimbang pada saat berjalan atau duduk	1	+1 jika lutut menekuk antar 30 ⁰ - 60 ⁰
Posisi kaki tidak stabil, dan bertumpu pada satu kaki	2	+2 jika lutut menekuk lebih dari 60 ⁰ Pada posisi berdiri

1. Perhitungan Tabel Nilai Kelompok A

Dalam perhitungan tabel kelompok A, jika hasil nilai postur tubuh bagian batang leher sudah dapat dari *range* 1-3, maka lingkarin hasil nilainya pada bagian tabel leher, setelah itu lingkarin pada bagian tabel batang tubuh hasil nilainya dari *range* 1-5, dan yang terakhir dari bagian tabel kaki hasil nilainya dari *range* 1-4. Setelah sudah dilingkarin hasil nilai pada masing-masing tubuh, kemudian tarik garis lurus untuk mendapatkan nilai tabel kelompok A. Setelah itu, kemudian ditambahkan dengan nilai baban alat yang diangkat oleh *operator* untuk menentukan nilai akhir tabel kelompok A. Acuan penilaian postur tubuh dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 untuk nilai beban angkat.

- Proses Load dan Unload Pada Annealing dan Tempering, Cryogenic, dan Oven

Tabel 4. Penilaian Postur Tubuh 1, 2, dan 3 [10]

Batang Tubuh		Nilai Kelompok A											
		Leher											
		1				2				3			
		Kaki				Kaki				Kaki			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6	
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7	
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8	
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9	
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9	

Tabel 5. Nilai Beban Angkat Sebelum Modifikasi [10]

Nilai	Berat Beban Massa
0	Beban massa yang diangkat sekitar lebih kecil dari 5 kg
1	Beban massa yang diangkat sekitar 5 - 10 kg
2	Beban massa yang diangkat sekitar lebih dari 10 kg

Berikut hasil dari penilaian postur tubuh kelompok A proses *load* dan *unload* pada *annealing* dan *tempering* yaitu batang tubuh (2), leher (1), dan kaki (2) dan didapatkannya nilai tabel kelompok A pada *annealing* dan *tempering* adalah (2) lalu ditambahkan beban angkat (2), jadi 2 + 2 = (4). Lalu proses *load* dan *unload* pada *cryogenic* yaitu batang tubuh (2), leher (2), dan kaki (1) dan didapatkannya nilai yaitu (3) lalu ditambahkan beban angkat (2), jadi 3 + 2 = (5). Dan untuk proses *oven* yaitu batang tubuh (3), leher (2), dan kaki (2) dan didapatkannya nilai yaitu (5) lalu ditambahkan beban angkat (2), jadi 5 + 2 = (7). Jadi total nilai untuk kelompok A adalah (4) + (5) + (7) = 16/3 = 5.3.

Tabel 6. Nilai Perpindahan Posisi Lengan Atas

Perpindahan Posisi	Nilai	Nilai Perubahan Posisi
Posisi sudut tangan 20° ke depan dan ke belakang dari posisi normal	+1	+1 ketika keadaan posisi bahu naik
Posisi sudut tangan lebih dari 20° atau posisi sudut tangan 20°-45° ke depan dan ke belakang	+2	+1 ketika keadaan posisi tangan berputar
Posisi sudut tangan lebih dari sudut 45°	+3	

Tabel 7. Nilai Perpindahan Posisi Lengan Bawah

Perpindahan posisi	Nilai
Sudut posisi tangan sekitar 60° -100° Flexion	1
Sudut posisi tangan lebih kecil dari 60° atau lebih besar dari 100°	2

Tabel 8. Nilai Perpindahan Posisi Pergelangan Tangan

Perpindahan posisi	Skor	Nilai Perubahan posisi
0 – 15° (keatas maupun kebawah)	1	+1 jika posisi pergelangan tangan keadaan berputar
>15° (keatas maupun kebawah)	2	

2. **Perhitungan Tabel Nilai Kelompok B**

Cara perhitungan kelompok B sama dengan perhitungan kelompok A, yaitu lingkari hasil nilainya pada setiap bagian tabel postur tubuh sesuai rangenya masing-masing. Untuk lengan atas dari range 1-5, lengan bawah dari range 1-2, dan pergelangan tangan dari range 1-4. Setelah sudah didapatkan nilai kelompok B kemudian ditambah dengan nilai pegangan atau *handle operator* untuk menentukan nilai akhir tabel kelompok B. Acuan untuk perhitungan nilai kelompok B dan nilai pegangan, bisa dilihat pada tabel 5 dan 6.

- **Proses Load dan Unload Pada Annealing dan Tempering, Cryogenic, dan Oven**

Tabel 9. Penilaian Postur Tubuh 1, 2, dan 3 [10]

Posisi Lengan Atas	Tabel kelompok B					
	Posisi Lengan Bawah					
	1			2		
	Posisi Pergelangan Tangan			Posisi pergelangan Tangan		
	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8

Tabel 10. Nilai Pegangan Atau Handle [10]

Nilai	Jenis pegangan
+ 0	Kekuatan pegangan berada posisi tengah atau gengaman kuat
+ 1	Pegangan tangan dapat diterima, tetapi tidak ideal
+2	Pegangan tangan tidak dapat diterima walaupun memungkinkan
+3	Tidak ada pegangan atau gengaman tangan tidak aman

NOTE:

- Lingkaran warna HIJAU postur tubuh 1
- Lingkaran warna MERAH postur tubuh 2
- Lingkaran warna HITAM postur tubuh 3

Berlaku untuk penilaian kelompok A dan B

Berikut hasil dari penilaian postur tubuh kelompok B postur tubuh 1 yaitu lengan atas (3), lengan bawah (1), dan pergelangan tangan (1) dan didapkannya nilai kelompok B prpostur tubuh 1 adalah (3) lalu ditambahkan nilai pegangan (0), jadi nilainya adalah (3). Lalu untuk postur tubuh 2 yaitu lengan atas (3), lengan bawah (2), dan pergelangan tangan (1) dan didapkannya nilai (4) lalu ditambahkan nilai pegangan (1), jadi nilainya adalah (5). Dan untuk postur tubuh 3 yaitu lengan atas (3), lengan bawah (2), dan pergelangan tangan (1) dan didapkannya nilai (4) lalu ditambahkan nilai pegangan (0), jadi nilainya adalah (4). Jadi total nilai untuk kelompok B adalah $3 + 5 + 4 = 12/3 = 4$

3. **Perhitungan Nilai Akhir Tabel C (Total Nilai Kelompok A + Total Nilai Kelompok B)**

Dalam perhitungan nilai akhir tabel C, jika total nilai kelompok A dan B sudah dapat, kemudian lingkari pada tabel A dan B, setelah itu tarik garis lurus untuk mendapatkan hasil nilai tabel C. Setelah itu ditambahkan nilai aktivitas *operator* untuk mendapatkan nilai akhir tabel C. Sesudah itu membandingkan nilai akhir ke tabel action level. Acuan dalam penilaian ini terdapat pada tabel 11, tabel 12 untuk nilai aktivitas *operator*/pekerja, dan tabel level risiko dan tindakan pada tabel 13.

Tabel 11. Perhitungan Nilai (Hasil Tabel Kelompok A ditambah Tabel Kelompok B) Sebelum Modifikasi [10]

Hasil Nilai Tabel C												
Hasil Nilai Kelompok A	Hasil Nilai Kelompok B											
	1	2	3	④	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
⑤	4	4	4	⑤	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabel 12. Nilai Aktivitas Operator [10]

Aktivitas	Nilai
Jika 1 atau bagian tubuh operator/pekerja statis, ditahan lebih dari 1 menit	+1
Jika operator/pekerja melakukan pegulangan gerakan selama lebih dari 4 menit	+1
Jika gerakan operator/pekerja menyebabkan perubahan atau pergeseran postur yang cepat dari posisi awal	+1

Tabel 13. Level Risiko dan Tindakan Metode REBA [10]

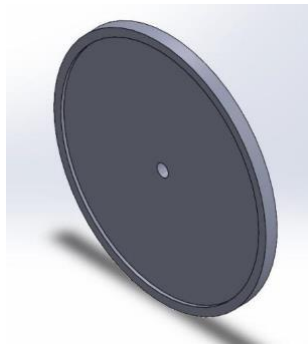
Level	Skor REBA	Kategori Risiko	Tindakan Perbaikan
0	1	Bisa Diabaikan	Tidak Perlu
1	2-3	Rendah	Mungkin Perlu
2	4-7	Sedang	Perlu
3	8-10	Tinggi	Diperlukan Segera
4	11-15	Sangat Tinggi	Diperlukan Sekarang

Hasil dari tabel nilai kelompok C adalah (5) lalu ditambahkan nilai aktivitas operator (3), karena loading dan unloading pada proses Heat Treat ini dilakukan secara berulang yang memerlukan penahanan lebih dari 1 menit dengan melakukan pergeseran postur yang cepat seperti memindahkan product dari trolley ke mesin yang digunakan. Jadi nilai REBANYA adalah (8). Dan level risiko untuk semua proses yang telah dilakukan masuk ke level 3 yang termasuk dalam kategori risiko tinggi, oleh karena itu diperlukan segera tindakan modifikasi tooling ini dikarenakan nilai tabel kelompok A adalah yang paling tinggi yang disebabkan oleh pengangkatan beban berat melebihi 10 kg. Seluruh nilai yang didapat berdasarkan penyesuaian postur tubuh operator dengan lembar kerja penilaian metode REBA pada gambar 12 di atas, maka didapatkanlah nilai-nilai tersebut.

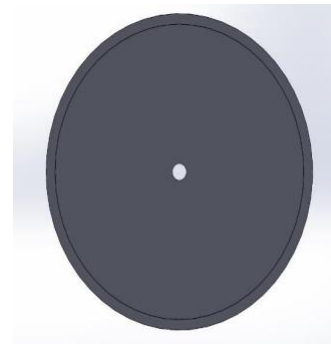
B. Peningkatan *Tooling* dan Aktivitas Pada Proses Loading dan Unloading

Setelah melakukan perhitungan nilai ergonomi pada proses *Heat Treat*, terdapat suatu masalah pada postur tubuh yang tidak efisien bagi *operator* yang menimbulkan rasa sakit pada tubuh bagian pinggang. Berdasarkan hasil dari penilaian tersebut, didapat nilai yang paling besar terdapat pada tabel kelompok A, karena adanya tambahan nilai beban angkat, hal ini membuat penulis perlu menentukan solusi apa yang paling tepat untuk menyelesaikan masalah pada ergonomi ini dan penulis telah menentukan solusi tersebut yaitu dengan cara melakukan peningkatan pada *tooling* dan aktivitasnya, peningkatan pada *tooling* ini adalah dengan cara modifikasi *tooling* dengan mengubah dimensi/ukuran menjadi lebih kecil, tapi dengan memastikan ukuran minimalnya yang masih sesuai dengan spesifikasi yang berlaku, hal ini akan disesuaikan dengan ukuran produk *Meggitt* dan ketahanan material tersebut. Untuk peningkatan pada aktivitasnya yaitu dengan cara mengurangi pergerakan yang sekiranya tidak diperlukan seperti melakukan perpindahan posisi yang cepat dan menahan produk lebih dari 1 menit, hal ini akan sangat membantu *operator* untuk mengurangi masalah postur tubuh yang tidak ergonomis.

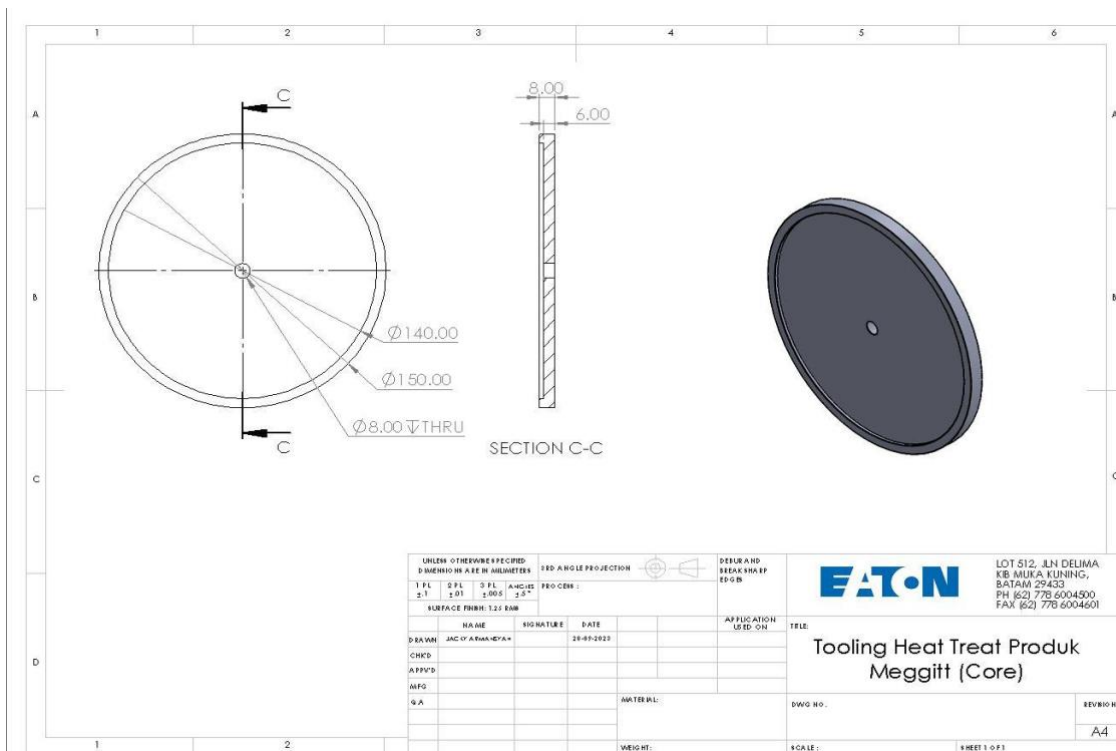
Design ini dikerjakan menggunakan *software SolidWorks* dengan menggunakan satuan ukuran milimeter (mm), proses yang dilakukan pada design ini yaitu; 1) Mengukur produk *Meggitt* terlebih dahulu untuk disesuaikan ukuran *tooling*nya, 2) Membandingkan ukuran *tooling* sebelumnya dengan ukuran yang akan dimodifikasi, 3) Menentukan material yang akan digunakan guna untuk disesuaikan dengan spesifikasi maksimal ukuran produknya, dan 4) Melakukan design modifikasi. Berikut desain *tooling* setelah modifikasi, dapat dilihat pada gambar 8, 9, dan 10 di bawah ini.



Gambar 8: *Drawing 3D Tooling* Setelah Modifikasi



Gambar 9: *Drawing 3D Tampak Depan*



Gambar 10: *Detail Drawing 2D Tooling* Setelah Modifikasi

C. Hasil Perhitungan Nilai Ergonomi Dengan Metode REBA Setelah Peningkatan

Setelah melakukan peningkatan pada ergonomi, diperlukan juga perhitungan hasil akhirnya guna untuk melihat seberapa pengaruhnya peningkatan tersebut yang dilakukan untuk proses Heat Treat. Berikut hasil akhir perhitungan setelah peningkatan, dapat dilihat pada tabel 18 di bawah ini.

Tabel 14. Perhitungan Nilai Akhir Setelah Modifikasi

Hasil Nilai Tabel C												
Hasil Nilai Kelompok A	Hasil Nilai Kelompok B											
	1	2	3	④	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
③	2	3	3	③	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Hasil dari tabel nilai kelompok C setelah modifikasi *tooling* adalah (3) lalu ditambahkan nilai aktivitas *operator* (1), karena dilakukan secara berulang, namun tidak diperlukan perpindahan posisi dengan cepat dan menahan lebih dari 1 menit lagi, karena penulis juga memberikan peningkatan terhadap aktivitasnya, tetapi untuk yang berulang tidak bisa dihilangkan karena itu termasuk *SOP (Standard Operation Procedure)*. Jadi, nilai *REBA*nya adalah (4), dan level risikonya masuk di level 2 yang termasuk dalam kategori risiko sedang yang mendekati kategori risiko rendah. Jadi, dengan peningkatan ini mendapatkan nilai *REBA* pada ergonomi yang lebih efisien dan sangat membantu *operator* untuk melakukan pekerjaannya menjadi lebih aman, nyaman, dan produktif.

Peningkatan ini cukup berpengaruh untuk mengatasi masalah pada ergonomi yang terjadi saat *loading* dan *unloading* pada proses *Heat Treat*, hal ini bisa dikatakan berpengaruh karena yang awalnya mendapatkan skor *REBA* (8) yang sudah termasuk ke kategori risiko tinggi dengan level 3 bisa berkurang menjadi (4) yang hampir menyentuh level 1 dengan kategori risiko rendah. Peningkatan ergonomi dengan modifikasi *tooling* ini menghasilkan pengurangan ukuran beban *tooling* yang diangkat, yang sebelumnya ukuran beban *tooling* adalah 10.6 kg dan setelah dilakukan modifikasi ukuran beban *tooling* menjadi 4.6 kg. Modifikasi ini berhasil mengurangi 6 kg beban yang cukup berpengaruh untuk penilaian ergonomi menggunakan metode *REBA* tersebut. Ukuran beban *tooling* sebelum dan sesudah dimodifikasi dapat dilihat pada gambar 11 dan 12 di bawah ini.



Gambar 11: Ukuran Beban *Tooling* Sebelum Dimodifikasi



Gambar 12: Ukuran Beban *Tooling* Sesudah Dimodifikasi

4 Kesimpulan

Dengan melakukan pengujian dengan menggunakan metode REBA ini dapat menemukan masalah pada ergonomi yang terjadi pada proses *Heat Treat* yaitu, beban *tooling*nya yang berat dan tidak sesuai dengan postur tubuh dan aktivitas yang tidak efisien. Lalu, dengan metode REBA ini juga dapat menentukan solusi apa yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan ini, yaitu dengan cara melakukan peningkatan pada *tooling* dan aktivitas pergerakannya seperti modifikasi *tooling* dengan mengurangi dimensi/ukuran menjadi lebih kecil dan mengurangi aktivitas pergerakan yang tidak diperlukan. Sebelum dilakukan peningkatan mendapatkan hasil akhir skor REBANYA (8) yang masuk ke dalam kategori risiko tinggi, sedangkan setelah adanya peningkatan ini mendapatkan hasil akhir REBANYA adalah (4) berada di kategori risiko sedang yang hampir menyentuh kategori risiko rendah. Dengan modifikasi *tooling* tersebut dapat mengurangi ukuran beban *tooling* yang sebelumnya 10,6 kg yang dapat menyebabkan operator mengalami sakit pinggang karena beban terlalu berat menjadi lebih ringan dengan ukuran beban 4,6 kg. Jadi, dengan adanya peningkatan ini dapat menyelesaikan permasalahan pada ergonomi tersebut, dengan hasil yang didapat adalah operator jadi bisa melakukan pekerjaan dengan aman, nyaman, efisien, dan produktif.

Daftar Pustaka

Penulisan referensi menggunakan urutan angka seperti berikut, dimana nomor urut disesuaikan dengan nomor referensi yang ditulis didalam isi paper.

- [1] Andriani, Meri, and Subhan Subhan. "Perancangan peralatan secara ergonomi untuk meminimalkan kelelahan di pabrik kerupuk." *Prosiding Semnastek* (2016).
- [2] Wardani, L. K. (2003). EVALUASI ERGONOMI DALAM PERANCANGAN DESAIN. *Dimensi Interior*, 64.
- [3] Dr. Ir. Julianus Hutabarat, M. (2017). Dasar-dasar pengetahuan ergonomi. *Teknik Industri*, 1-3.
- [4] Khaldun, Amrulloh Ibnu, Viqri Ilham Suryailahi, and Muajir Muajir. "PELAKSANAAN BONGKAR MUAT PETI KEMAS DAN WAKTU PENYELESAIAN (TURN ROUND TIME)." *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik* 4.3 (2018): 297-302.
- [5] Setiawan, Hera. "Pengaruh Proses *Heat treatment* Pada Kekerasan Material Special K (K100)." *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer* 2.1 (2012): 37-47.
- [6] Istiyono, Edi. "Analisis Sifat Magnetik Bahan yang Mengalami Proses *Annealing* dan *Quenching*." *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*. 2009.
- [7] Renaldi, Reza, Ratna Kartikasari, and Joko Pitoyo. "PENGARUH WAKTU PROSES DEEP *CRYOGENIC TREATMENT*-TEMPER TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KETANGGUHAN DAN KETAHANAN KOROSI PADA PADUAN Fe-14Al-21, 3Mn." *CENDEKIA MEKANIKA* 4.2 (2023): 136-144.
- [8] Agustin, Helfi, et al. "Edukasi Manual Material Handling untuk Pencegahan Musculoskeletal Disorders pada Pekerja Industri Katering di Desa Banguntapan, Bantul." *Journal of Appropriate Technology for Community Services* 1.2 (2020): 63-73.
- [9] Arifin, Yunus, et al. "Beban Kerja Fisik Menggunakan Metode Rula Reba Pada Pt. Agility International." *SemanTECH (Seminar Nasional Teknologi, Sains dan Humaniora)*. Vol. 1. No. 1. 2019.
- [10] Restuputri, Dian Palupi. "Metode REBA untuk pencegahan musculoskeletal disorder tenaga kerja." *Jurnal Teknik Industri* 18.1 (2017): 19-28.