



TUGAS AKHIR – AB 1959 – 409

**PERANCANGAN RANGKA MESIN VAPOR BLASTING
BERBASIS ERGONOMI DAN KESIAPAN OPERASIONAL**

Oleh:

Moh. Noer Dandy Maulana

NRP. 33212301011

Dosen Pembimbing 1

Auliana Diah Wilujeng, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing 2

Misbakhul Fatah, S.T., M.T.

**PRODI D3 TEKNIK MESIN ALAT BERAT
JURUSAN REKAYASA MESIN DAN INDUSTRI
POLITEKNIK NEGERI MADURA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Namai : Moh.Noer Dandy Maulana
NRP : 33212301011
Program Studi : Teknik Mesin Alat Berat
Jurusan : Rekayasa Mesin Dan Industri
Tahun Akademik : 2026/2027

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan judul **Perancangan Rangka *Vapor Blasting* Berbasis Ergonomi dan Kesiapan Operasional**, adalah original, belum pernah dibuat oleh pihak lain dan bebas dari plagiarisme.

Bilamana pada kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, saya bersedia dituntut dan di proses sesuai dengan penentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Sampang, 27 Juli 2026

Yang menyatakan



Moh. Noer Dandy Maulana

NRP. 33212301011

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Perancangan Rangka Mesin Vapor Blasting Berbasis Ergonomi
Untuk Kesiapan Operasional

Penulis : Moh. Noer Dandy Maulana

NRP : 33212301011

Jurusan : Rekayasa Mesin dan Industri

Program Studi : Teknik Mesin Alat Berat

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk mengikuti Seminar Hasil Tugas Akhir.
Ditandatangani di Sampang,
Menyetujui,

Pembimbing I



Auliana Diah Wilujeng, S.T., M.T.
NIP. 199212222019032019

Pembimbing II



Misbakhul Fatah, S.T., M.T.
NIP. 197811262021211003

Koordinator Program Studi
D3 Teknik Mesin Alat Berat



Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T.
NIP. 197705222021211005

Koordinator TA
D3 Teknik Mesin Alat Berat



Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si.
NIP. 199006062024212053

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN RANGKA MESIN VAPOR BLASTING BERBASIS ERGONOMI DAN KESIAPAN OPERASIONAL

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md. T.)

Pada

Jurusan Teknik Rekayasa Mesin Dan Industri Politeknik Negeri
Madura

Oleh :

Moh. Noer Dandy Maulana

NRP 33212301011

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 27 Juli 2026 dan
telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Auliana Diah Wilujeng, S.T., M. T (Pembimbing I)
2. Misbakhul Fatah, S.T., M. T (Pembimbing II)
3. Laily Ulfiyah, M. T (Penguji I)
4. Amin Jakfar, S.T., M. T (Penguji II)
5. Abdul Hamid, S.Si., M.Si (Penguji III)

SAMPANG, 27 JULI 2026

Perancangan Rangka Mesin *Vapor Blasting* Berbasis Ergonomi dan Kesiapan Operasional

Nama : Moh. Noer Dandy Maulana
NRP : 33212201002
Pembimbing I : Auliana Diah Wilujeng, S.T., M.T.
Pembimbing II : Misbakhul Fatah, S.T., M.T

ABSTRAK

Korosi pada komponen alat berat akibat air, debu, dan lingkungan lembap dapat mempercepat kerusakan komponen. Salah satu metode pembersihan yang digunakan adalah *vapor blasting*, namun pengoperasiannya tanpa rangka membuat postur kerja kurang ergonomis. Penelitian ini bertujuan merancang rangka mesin *vapor blasting* yang kuat, ergonomis, dan mendukung kesiapan operasional. Perancangan dilakukan menggunakan *SolidWorks*, kemudian dianalisis melalui simulasi numerik, metode *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*, dan *paired sample t-test* terhadap 10 responden. Hasil simulasi menunjukkan displacement sebesar 0,24 mm dan tegangan kerja 22,53 MPa, lebih kecil dari tegangan izin 174,38 MPa, sehingga rangka dinyatakan aman. Hasil REBA menunjukkan rangka dengan ketinggian 650 mm memperoleh skor 3 (risiko rendah), sehingga memberikan postur kerja yang lebih ergonomis. Hasil *paired sample t-test* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan sebelum dan sesudah penggunaan rangka ($p < 0,05$). Dengan demikian, rangka yang dirancang memenuhi aspek kekuatan, ergonomi, dan kesiapan operasional sehingga layak digunakan untuk perawatan komponen alat berat.

Kata kunci: *vapor blasting*, rangka, reba, *paired sample t-test*.

***Vapor Blasting Machine Frame Design
Based on Ergonomics and Operational Readiness***

Nama : Moh. Noer Dandy Maulana
NRP : 33212201002
Pembimbing I : Auliana Diah Wilujeng, S.T., M.T.
Pembimbing II : Misbakhul Fatah, S.T., M.T.

ABSTRACT

Corrosion on heavy equipment components caused by water, dust, and humid environments can accelerate component deterioration. Vapor blasting is one cleaning method employed, but operating the equipment without a frame results in a non-ergonomic working posture. This study aimed to design a vapor blasting machine frame that is robust, ergonomic, and supports operational readiness. The design process utilized SolidWorks, followed by analysis via numerical simulation, the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method, and a paired-sample t-test involving 10 respondents. Simulation results showed a displacement of 0.24 mm and a working stress of 22.53 MPa—well below the allowable stress of 174.38 MPa—indicating the frame is structurally safe. REBA results indicated that a frame height of 650 mm yielded a score of 3 (low risk), thereby facilitating a more ergonomic working posture. The paired-sample t-test revealed a significant difference in conditions before and after using the frame ($p < 0.05$). Consequently, the designed frame meets the requirements for strength, ergonomics, and operational readiness, making it suitable for use in heavy equipment component maintenance.

Keywords: vapor blasting, frame, reba, paired sample t-test.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul *“Perancangan Rangka Mesin Vapor Blasting Berbasis Ergonomi dan Kesiapan Operasional”*

Terwujudnya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis, baik tenaga, ide-ide, maupun pemikiran. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Yth. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Madura.
2. Yth. Bapak Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri, Prodi D3 Teknik Mesin Alat Berat yang telah memberikan semangat, motivasi serta dukungan sehingga tugas akhir ini dapat selesai.
3. Yth. Bapak Amin Jakfar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan.
4. Yth. Ibu Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si. selaku koordinator Tugas Akhir Politeknik Negeri Madura.
5. Yth. Ibu Auliana Diah Wilujeng, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang senantiasa memberikan kritik, saran dan masukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
6. Yth. Bapak Misbakhul Fatah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 dan dosen wali yang senantiasa memberikan kritik, saran dan masukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani mahasiswa selama penulis menempuh pendidikan di sini.

8. Kepada keluarga Ayah Sudarsono dan Ibu Fatimatal Baitul.
Terima kasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih sayang yang telah diberikan kepada saya.
9. Teman-teman Teknik Mesin Alat Berat atas dukungannya dan saran yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan-perbaikan ke depan. Aamiin Yaa Rabbal Alaamiin.

Sampang, 27 Juli 2026



Moh. Noer Dandy Maulana
NRP. 33212301011

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Rangka.....	8
2.2.1 Tumpuan	9
2.2.2 Momen Pada Tumpuan	10
2.3 Analisa Tegangan (Stress)	11
2.3.1 Tegangan ijin	11
2.3.2 Tegangan Kerja pada Konstruksi Rangka	12
2.4 Faktor Keamanan	12
2.5 Simulasi Numerik Solidworks	13
2.5.1 Pengujian Displacement dan Tegangan Kerja	13
2.6 Paired Sample T-test	14
2.7 Beban dan Gaya.....	14
2.8 Ergonomi.....	15
2.9.1 Lembar REBA	17
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Diagram Alir	19

3.2 Desain Rangka.....	20
Gambar 3.2 Desain Alat Vapor Blasting.....	20
3.3 Pengujian Ergonomi	21
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Pengujian Kekuatan Material	25
4.2 Pengujian Numerik	26
4.3 Pengambilan Data REBA	29
4.3.1 Grafik Data REBA 800mm	34
4.3.2 Grafik Data REBA 700mm	35
4.3.3 Grafik Data REBA 650mm	35
4.3.4 Hubungan masing-masing tinggi	36
4.4 Pengambilan Data Paired Sample T-test	43
BAB 5 PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	52
BIODATA PENULIS	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sketsa Tumpuan Rol	9
Gambar 2. 2 Sketsa Reaksi Tumpuan Sendi	9
Gambar 2. 3 Sketsa Reaksi Tumpuan Jepit.....	10
Gambar 2. 4 Lembar REBA	17
Gambar 3. 1 Tahapan Perencanaan	19
Gambar 3. 2 Desain Alat Vapor Blasting	20
Gambar 3. 3 Desain Tampak Depan	20
Gambar 3. 4 Desain Tampak Samping	20
Gambar 3. 5 Desain Tampak Atas	21
Gambar 3. 6 Postur Tubuh Operasional.....	23
Gambar 4. 1 Proses Pengujian Material	25
Gambar 4. 2 hasil pengujian tarik	26
Gambar 4. 3 Hasil <i>displacement</i> pada rangka.....	27
Gambar 4. 4 Hasil tegangan kerja pada rangka.....	28
Gambar 4. 5 Grafik data reba 800mm	34
Gambar 4. 6 Grafik data reba 700mm	35
Gambar 4. 7 Grafik data reba 650mm	35
Gambar 4. 8 Hubungan masing-masing tinggi	36
Gambar 4. 9 Pengambilan Data Ergonomi	37
Gambar 4. 10 Perhitungan Step 1	37
Gambar 4. 11 Perhitungan Step 2	38
Gambar 4. 12 Perhitungan Step 3	38
Gambar 4. 13 Perhitungan Step 4	38
Gambar 4. 14 Perhitungan Step 7	39
Gambar 4. 15 Perhitungan Step 8	39
Gambar 4. 16 Perhitungan Step 9	40
Gambar 4. 17 Perhitungan Step 10	40
Gambar 4. 18 Perhitungan Step 11	40
Gambar 4. 19 Perhitungan Step 13	41
Gambar 4. 20 Perhitungan Tabel C.....	41
Gambar 4. 21 Data Paired Sample t-test.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya.....	5
Tabel 2. 2 Faktor Keamanan Jenis Beban Jenis Beban [10].	12
Tabel 3. 1 Data demografi makbul	23
Tabel 3. 2 Perhitungan REBA	24
Tabel 4. 1 Perhitungan REBA Pada Ketinggian Meja 800mm ...	30
Tabel 4. 2 Perhitungan Pada Ketinggian Meja 700mm.....	31
Tabel 4. 3 Tabel Perhitungan REBA Rangka <i>Vapor Blsting</i> 650mm	32



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain DED Rangka vapor blasting.....	52
Lampiran 2 Desain Rangka vapor blasting.....	52

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alat berat seperti *excavator*, *loader*, umumnya digunakan pada lingkungan kerja yang besar, misalnya area dengan tingkat kelembapan tinggi, banyak debu, paparan air termasuk air laut di wilayah pesisir, serta material batuan yang bersifat kasar. Lingkungan tersebut dapat mempercepat terjadinya korosi pada komponen, sambungan, dan bagian mesin. Akibatnya, kekuatan struktur, keandalan kerja, dan masa pakai alat menjadi menurun, sekaligus meningkatkan kebutuhan perawatan, perbaikan, dan waktu henti operasi. Oleh karena itu, pengendalian korosi merupakan aspek penting dalam program perawatan *preventif* guna mengurangi biaya operasional pada industri alat berat [1].

Salah satu upaya pencegahan korosi adalah proses penyiapan permukaan, yaitu tahapan awal untuk membersihkan dan mengondisikan permukaan material dengan cara menghilangkan karat, kerak, kotoran, dan kontaminan lainnya agar permukaan siap dilakukan pembersihan lanjutan atau pelapisan kembali. Metode penyiapan permukaan yang sering digunakan antara lain *vapor blasting*, yang memanfaatkan kombinasi tekanan air dan media *abrasif*. Namun, proses ini memiliki potensi risiko, seperti percikan material pada area kerja tertentu serta kemungkinan terjadinya *over-cutting*, yaitu kerusakan permukaan akibat tumbukan *abrasif* yang berlebihan, yang dapat menurunkan sifat mekanik material. [2].

Dalam kegiatan perawatan komponen berbahan logam, diperlukan metode pembersihan permukaan yang mampu bekerja secara efektif. Salah satu teknik yang kini banyak digunakan adalah *vapor blasting*, yaitu proses pembersihan basah dengan tekanan tinggi yang memanfaatkan campuran air dan media *glass beads*,

vapor blasting dinilai lebih aman bagi operator, lebih ramah terhadap lingkungan, serta mampu menghasilkan kualitas permukaan yang lebih halus dan merata [3].

Selain aspek struktur, ergonomi dalam perancangan mesin sangat krusial dan resiko tinggi pada pengoprasian tanpa menggunakan struktur rangka, untuk menyesuaikan desain mesin dengan karakteristik fisik operator agar aktivitas pengoperasian tidak menyebabkan kelelahan atau cedera. Ergonomi merupakan pendekatan desain yang mempertimbangkan postur, jangkauan, dan kenyamanan kerja operator. “Perancangan Rangka Mesin *Vapor Blasting* Berbasis Ergonomi dan Kesiapan Operasional”. bertujuan untuk menciptakan sebuah alat yang dapat memvisualisasikan prinsip kerja sistem *Vapor Blasting* [5].

Penelitian ini membahas perancangan rangka yang berperan sebagai komponen utama dalam menopang dan menjadi dukungan bagi suatu alat. Rangka dirancang agar mampu menahan beban dari berbagai komponen serta menerima getaran selama proses operasi. Untuk menentukan *desain* rangka yang sesuai dengan kebutuhan, dilakukan perhitungan kekuatan rangka terlebih dahulu. Dalam praktik pembuatan mesin *vapor blasting*, rangka mesin berperan penting sebagai struktur penyangga. Rangka yang dirancang secara struktural kuat akan meningkatkan stabilitas mesin dan memudahkan akses komponen untuk perawatan [4]. Selanjutnya, desain rangka yang mempertimbangkan kesiapan operasional akan meningkatkan efektivitas penggunaan mesin di lapangan dan menekan waktu henti operasional.

Dari uraian tersebut, dapat dilihat bahwa perancangan rangka mesin *vapor blasting* tidak hanya harus kuat secara mekanis, tetapi juga harus mempertimbangkan aspek ergonomi dan kesiapan operasional untuk menghasilkan produk yang aman, nyaman, dan efisien dalam konteks industri. Perbedaan signifikan antara mesin

vapor blasting yang dilengkapi rangka dengan yang tanpa rangka adalah cara struktur mesin mendukung operasional dan kenyamanan operator.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka terdapat rumusan masalah pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang desain rangka *vapor blasting* yang mampu menahan beban 70 kg?
2. Bagaimana nilai ergonomi dari rancangan desain rangka *vapor blasting* berdasarkan metode REBA?
3. Bagaimana kesiapan operasional alat *vapor blasting* berdasarkan metode *paired sampel t-test*?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian pada tugas akhir ini tetap sesuai dengan yang diinginkan, maka batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya mencakup perencanaan dan pembuatan rangka *vapor blasting*.
2. Digunakan untuk menghilangkan kerak dan korosi pada komponen mesin.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang dicapai adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun rangka *vaporblasting* yang mampu menahan beban
2. Mengetahui nilai ergonomi dari rancangan desain rangka *vaporblasting* berdasarkan metode REBA
3. Mengetahui Perbandingan kondisi operasional sebelum dan sesudah alat *vapor blasting*.

1.5 Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang didapatkan dari tugas akhir sebagai berikut:

1. Mengetahui apakah perbaikan *desain* alat *vapor blasting* membuat alat siapa digunakan, nyaman, dan aman bagi operator.
2. Mengetahui nilai aspek kenyamanan dan keamanan pengguna terkait desain *vapor blasting* dalam metode REBA.
3. Membuktikan hasil perbaikan tersebut dalam dengan metode *paired sample t-test* agar alat lebih *ergonomis* dan layak digunakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada tahap awal penelitian dilakukan beberapa studi literatur sebagai acuan penulis merancang dan membuat **“Perancangan Rangka Mesin Vapor Blasting Berbasis Ergonomi dan Kesiapan Operasional”**. Studi literatur yang dilakukan berupa metode penelitian yang sudah pernah dibuat penulis sebelumnya. Terdapat tiga studi literatur pada tabel 2.1 yaitu:

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Nama Penulis	Kesimpulan Penelitian
1.	"Simulasi Rangka <i>Engine Trainer</i> Dengan Lengan Adaptor Sebagai Penunjang Pembelajaran <i>Assembly</i> dan <i>Disassembly</i> ,"	Misbakhul Fatah, Rahman Hakim, Auliana Diah Wilujeng, Sayyid Hasan, 2019 [6].	Penelitian ini membahas mengenai Penelitian ini menggunakan besi hollow 40mmx40mm tebal 4mm dengan material St-44 didapatkan simulasi rangka dengan simulasi beban statis dengan beban mesin 400 N diketahui nilai defleksi 0,7mm dan dikatakan

			aman dalam pengujian.
2.	"Analisa Postur Kerja Dengan Metode <i>Rapid Entire Body Assessment (REBA)</i> Pada Oparator Mesin <i>Extruder</i> di stasiun Kerja <i>Extruding</i> Pada PT XYZ,"	Rifky Rivaldo Putra Yudi, Selvia Sarungu, Bambang Sugeng,2024 [7].	Penelitian ini menganalisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode <i>REBA (Rapid Entire Body Assessment)</i> metode ini dipilih karna dapat menilai postur seluruh tubuh seorang operator dengan cepat dan sistematis baik dalam pekerjaan statis maupun dinamis untuk mengetahui gambaran postur tubuh para operator terhadap aktivitas pekerjaannya. Postur kerja operator yang

			telah diperoleh maka dapat diketahui level risiko dan kebutuhan akan tindakan yang perlu dilakukan untuk tindakan perbaikan <i>ergonomic</i> .
3.	"Analisis Postur Kerja Dengan <i>Rapid Entire Body Assessment (REBA)</i> Untuk Mengurangi Risiko <i>Musculoskeletal Disorders</i> "	Berty Dwi Rahmawati dan Eka Anggraini, 2024 [13].	Penelitian ini menganalisis postur kerja pekerja di bagian pengepakan semen dengan REBA. Hasil menunjukkan skor rata-rata +10 (risiko tinggi) sehingga perlu perbaikan ergonomi di stasiun kerja untuk mengurangi tingkat resiko ergonomi yang dialami dan mengurangi <i>MSDs</i>

			(Musculoskeletal Disorders).
--	--	--	------------------------------

2.2 Rangka

Rangka adalah suatu struktur utama dari sebuah rancang bangun yang terdiri dari beberapa batang yang dihubungkan untuk membentuk suatu rangka yang kuat atau stabil. Rangka berperan sebagai penopang atau tumpuan utama untuk seluruh gaya-gaya yang diberikan oleh komponen. Selain itu fungsi dari struktur rangka adalah untuk menyerap reaksi yang diakibatkan oleh beban-beban atau gaya-gaya yang bekerja pada struktur sistem tersebut [8].

a. Konsep kesetimbangan dan gaya momen Sebuah benda dikatakan dalam keadaan seimbang jika jumlah gaya yang bekerja pada benda (F_x dan F_y) tersebut membentuk gaya atau sistem gaya yang ekuivalen dengan nol serta jumlah momen yang bekerja juga ekuivalen dengan nol. Syarat dari keseimbangan suatu benda dapat dihitung secara analitis.

- Untuk gaya yang terjadi pada arah horizontal dapat dihitung menggunakan persamaan:
Jumlah gaya arah = 0 atau $\sum F_x = 0$
- Untuk gaya yang terjadi pada arah vertical dapat dihitung menggunakan persamaan:
Jumlah gaya arah = 0 atau $\sum F_y = 0$
- Untuk momen yang terjadi dapat dihitung menggunakan persamaan:
- Jumlah momen = 0 atau $\sum M = 0$

2.2.1 Tumpuan

Tumpuan adalah lokasi dimana konstruksi ditempatkan, dan berfungsi untuk memberikan dukungan bagi konstruksi akibat mengalami gaya-gaya yang bekerja pada pondasinya. Tumpuan dalam ilmu statistika dibagi menjadi 3 (tiga) macam yaitu [12]:

1. Tumpuan Rol

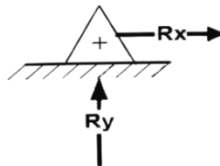
Tumpuan rol atau penghubung adalah jenis tumpuan yang tidak dapat menahan gaya dari segala arah. Tumpuan ini hanya dapat menahan gaya yang bekerja pada posisi tegak lurus vertikal saja. Dan tidak memiliki kemampuan untuk menahan momen.



Gambar 2. 1 Sketsa Tumpuan Rol

2. Tumpuan Sendi

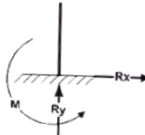
Tumpuan sendi atau engsel merupakan tumpuan dimana gaya dapat diterima dari berbagai arah. Tetapi tidak bisa menahan momen.



Gambar 2. 2 Sketsa Reaksi Tumpuan Sendi

3. Tumpuan Jepit

Tumpuan jepit dapat memberikan reaksi atau tahanan terhadap gaya horisontal, vertikal dan bahkan mampumemberikanreaksi terhadap putaran momen. Sehingga pada tumpuan jepit terdapat 3 buah variabel yang harus diselesaikan (R_v , R_h , dan M).



Gambar 2. 3 Sketsa Reaksi Tumpuan Jepit

2.2.2 Momen Pada Tumpuan

Diketahui untuk menghitung Momen pada Tumpuan dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\Sigma M_C = 0$$

Dimana:

$$\Sigma M_A = \text{Momen pada Tumpuan A (N.m)}$$

$$\Sigma M_B = \text{Momen pada Tumpuan B (N.m)}$$

$$\Sigma M_C = \text{Momen pada Tumpuan C (N.m)}$$

Diketahui untuk menghitung kesetimbangan gaya searah dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M = 0$$

Dimana:

$$\Sigma F_x = \text{Jumlah arah gaya x (horizontal)}$$

$$\Sigma F_y = \text{Jumlah arah gaya y (vertikal)}$$

$$\Sigma M = \text{Jumlah arah momen}$$

2.3 Analisa Tegangan (Stress)

Tegangan merupakan sebuah pengukuran besarnya tegangan pembebanan yang disebabkan oleh gaya, yang dibagi dengan luas area dimana gaya tersebut bekerja. Untuk mengetahui tegangan dapat dihitung menggunakan persamaan [9].

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Dimana:

σ = Tegangan atau gaya persatuan luas (N/mm^2)

F = Gaya yang diberikan (N)

A = Luas Penampang (mm^2)

2.3.1 Tegangan ijin

Tegangan ijin merupakan tegangan yang tidak boleh dilampaui sebuah sistem struktur, dimanapun letaknya akibat faktor keamanan secara umum tegangan ijin dirumuskan seperti pada rumus.

$$\sigma_{Izin} = \frac{\sigma_{material}}{SF} \quad (2.2)$$

Dimana:

σ_{izin} = Tegangan ijin (mm^2)

$\sigma_{material}$ = Tegangan material (N/mm^2)

SF = *safety factor*

2.3.2 Tegangan Kerja pada Konstruksi Rangka

Untuk menghitung tegangan maksimum dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot max.y}{I} \quad (2.3)$$

Dimana:

- σ_{max} = Tegangan yang terjadi (N/mm²)
- M = Momen pada Rangka (N.m)
- y = Titik pusat material (m)
- I = Inersial (m)

2.4 Faktor Keamanan

Dari Nilai faktor keamanan berdasarkan jenis beban dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 2 Faktor Keamanan Jenis Beban Jenis Beban [10].

Jenis Beban	<i>Safety Factor</i>
Kondisi beban statis	1,25 – 2,0
Kondisi beban dinamis	2,0 – 3,0
Kondisi beban kejut	3,0 – 5,0

Untuk mengetahui faktor keamanan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_{kerja}} \quad (2.4)$$

Dimana:

- sf = Faktor keamanan
- σ_y = *Yield Strength* (Mpa)
- σ_{kerja} = Tegangan maksimum (Mpa)

2.5 Simulasi Numerik Solidworks

Simulasi numerik adalah metode analisis menggunakan komputer untuk mengetahui kemampuan suatu struktur menahan beban tanpa melakukan pengujian secara langsung. Pada tugas akhirbini digunakan *SolidWorks Simulation (Static Study)* untuk menganalisis kekuatan rangka mesin *vapor blasting*. Hasil simulasi berupa nilai displacement dan tegangan kerja, yang digunakan untuk menentukan apakah rangka aman digunakan.

2.5.1 Pengujian Displacement dan Tegangan Kerja

Displacement adalah perpindahan atau perubahan posisi struktur akibat menerima beban. Semakin kecil nilai displacement, maka struktur semakin kaku dan stabil. Tegangan kerja adalah tegangan yang terjadi pada material saat menerima beban. Suatu struktur dinyatakan aman apabila nilai tegangan kerja lebih kecil daripada tegangan izin material.

Rumus defleksi izin (*allowable deflection*) yang umum digunakan pada struktur rangka adalah [15]:

$$\sigma_{izin} = \frac{L}{240} \quad (2.5)$$

- σ_{izin} = Defleksi izin (mm)
- L = Panjang bentang atau panjang rangka yang menerima beban (mm)
- 240 = Konstanta atau batas lendutan yang diizinkan untuk beban statis (berdasarkan kriteria umum perancangan struktur).

2.6 Paired Sample T-test

Paired Sample t-test adalah metode statistik yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dua data yang berpasangan, seperti data sebelum dan sesudah perlakuan pada responden yang sama. Metode ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kondisi tersebut.

paired sample t-test digunakan untuk membandingkan kesiapan operasional sebelum dan sesudah penggunaan rangka mesin *vapor blasting*. Jika $p < 0,05$ atau $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$, maka terdapat perbedaan yang signifikan. Sebaliknya, jika $p \geq 0,05$ atau $t \text{ hitung} \leq t \text{ tabel}$, maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

2.7 Beban dan Gaya

Beban merupakan gaya yang bekerja pada alat akibat berat *track shoe* yang harus diangkat atau ditahan oleh rangka. Beban ini menjadi dasar utama dalam perancangan kekuatan rangka dan mekanisme rangka.

$$W = (m \times g) \quad (2.6)$$

W = Berat Beban(N)

m = massa Beban (kg)

g = percepatan *gravitasi* (9,81 m/s²)

2.8 Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa latin, yaitu *ergos* (pekerjaan) dan *nomos* (aturan alam). Ergonomi dapat diartikan sebagai proses penyesuaian pekerjaan agar sesuai dengan pekerjaan. Adapun faktor risiko *ergonomis* adalah elemen-elemen yang memiliki potensi untuk menimbulkan kerugian atau dampak *negative* terhadap Kesehatan terkait dengan aspek ergonomi. Selain dengan fungsi otot dan beban eksternal yang ditopang oleh tubuh. *Rapid Entire Body Assessment (REBA)* adalah sebuah metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi dan dapat digunakan secara cepat untuk menilai posisi kerja atau postur leher, punggung, lengan pergelangan tangan dan kaki seorang operator. Peneliti menggunakan metode REBA karena metode ini dapat menilai risiko pada seluruh bagian tubuh. Pada penelitian ini, pekerja operator mengeluhkan semua bagian tubuhnya dari leher sampai kaki [7]:

- Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental dengan cara mencegah cedera dan penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan, mengurangi beban kerja fisik dan mental, serta mempromosikan dan meningkatkan kepuasan dalam bekerja.
- Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas interaksi sosial dan pengaturan kerja yang tepat, bertujuan untuk meningkatkan perlindungan social baik selama masa produktif maupun setelah masa produktif.
- Menciptakan keseimbangan yang bijaksana antara aspek teknis, ekonomis, dan antropologis dalam setiap sistem kerja yang ada, dengan hasil akhir berupa peningkatan kualitas kerja dan kualitas hidup yang optimal.

Di dalam ergonomi ada yang namanya *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)* dan *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*. salah satu metode yang digunakan adalah *Rapid Entire Body*

Assesment (REBA). Oleh karena itu, dilakukan analisis postur kerja untuk mengetahui pengaruh postur tubuh pekerja pada pekerja pengangkutan semen zak bagian packing plant untuk mengurangi risiko musculoskeletal disorders dari skor tingkat resiko cedera. Metode REBA digunakan untuk menganalisis postur tubuh yang membutuhkan seluruh pergerakan bagian tubu untuk mengetahui tingkat risiko yang akan dihasilkan dari aktifitas tersebut [11].

2.9.1 Lembar REBA

Gambar 2. 4 Lembar REBA

REBA Employee Assessment Worksheet

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position



Neck Score

Step 2: Locate Trunk Position



Trunk Score

Step 3: Legs



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: +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

SCORES

Table A

Legs	1				2				3			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Neck Score	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

Table B

Upper Arm Score	1				2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lower Arm Score	1	2	3	4	1	2	3	4
Wrist Score	1	2	3	4	1	2	3	4

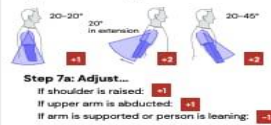
Table C

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

Table C Score + Activity Score = REBA Score

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position



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: +3

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

Activity Score

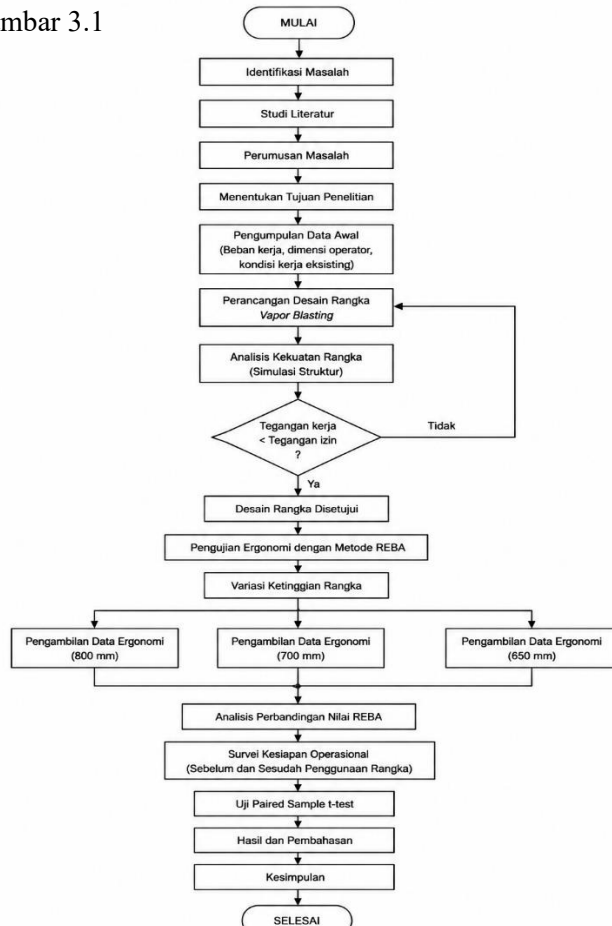
Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

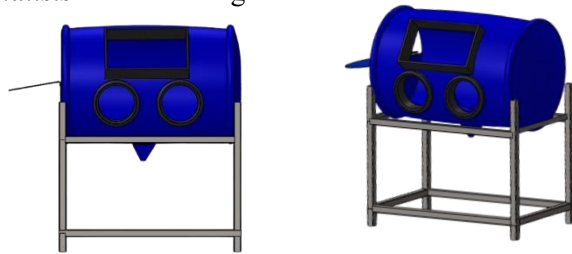
Adapun tahapan perencanaan yang digunakan dalam pembuatan “Perancangan Rangka Mesin *Vapor blasting* Berbasis Ergonomi dan Kesiapan Operasional” yang dapat dilihat di gambar 3.1



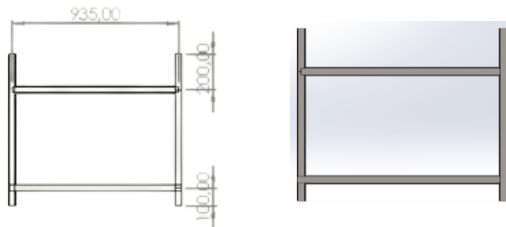
Gambar 3. 1 Tahapan Perencanaan

3.2 Desain Rangka

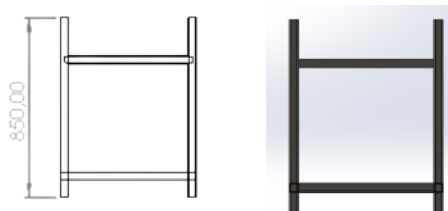
Pada tahap ini proses perancangan desain rangka dilakukan menggunakan aplikasi *Solidworks* 2019. *Solidwork* dipilih karena memiliki kemampuan pemodelan 3D yang akurat serta mendukung fitur desain rangka berbasis *frame generator*, serta menjadi acuan dalam *analisis* kekuatan rangka ini.



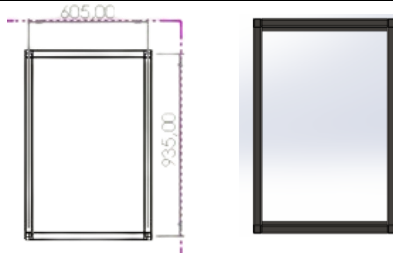
Gambar 3. 2 Desain Alat Vapor Blasting



Gambar 3. 3 Desain Tampak Depan



Gambar 3. 4 Desain Tampak Samping



Gambar 3. 5 DesainTampak Atas

3.3 Pengujian Ergonomi

Penelitian ini menggunakan metode survei ergonomi untuk mengevaluasi tingkat kenyamanan, keamanan, dan kemudahan penggunaan rangka mesin *vapor blasting*. karena data yang diperoleh berupa angka hasil penilaian responden terhadap aspek ergonomi yang diuji. Survei dilakukan setelah responden berinteraksi secara langsung atau melakukan simulasi pengoperasian mesin *vapor blasting* yang telah dirancang, sehingga penilaian yang diberikan mencerminkan kondisi penggunaan nyata.

3.3.1 Objek dan Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah mahasiswa yang dipilih sebagai responden karena dianggap memiliki pemahaman dasar mengenai mesin dan proses praktikum, serta mewakili calon pengguna di lingkungan pendidikan dan bengkel teknik.

Adapun karakteristik responden adalah sebagai berikut:

- Jumlah responden: 10 Orang (karna uji *sample t-test* minimal 10 orang asalkan data berdistribusi normal, dengan pengukuran sebelum dan sesudah pada subjek yang sama
- Sasaran responden: Mahasiswa teknik Mesin
- Jenis kelamin: Laki-laki
- Rentang usia: 20-23 tahun

- Range Tinggi: 166 – 170 cm

3.3.2 Indikator Penilaian

Indikator penilaian ergonomi yang digunakan dalam kuesioner meliputi:

1. Postur Kerja
 - Kenyamanan posisi berdiri saat mengoperasikan mesin
 - Kesesuaian tinggi rangka dengan tinggi tubuh operator
2. Jangkauan Kerja
 - Kemudahan menjangkau *nozzle* dan area kerja
 - Kemudahan menjangkau panel kontrol
3. Kenyamanan Pengoperasian
 - Kemudahan memposisikan tubuh saat bekerja
 - Minimnya rasa lelah saat simulasi penggunaan
4. Keamanan dan Kesiapan Operasional
 - Stabilitas rangka saat mesin digunakan
 - Keamanan penempatan komponen pada rangka
 - Kemudahan akses untuk perawatan

3.3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pengujian ergonomi dilakukan melalui tahapan berikut:

1. Menyiapkan desain rangka mesin *vapor blasting* yang akan diuji.
2. Menentukan dan memilih responden sesuai kriteria.
3. Memberikan penjelasan singkat kepada responden mengenai cara penggunaan mesin.
4. Melakukan simulasi atau uji coba penggunaan mesin *vapor blasting*.
5. Membagikan kuesioner ergonomi kepada responden.
6. Mengumpulkan dan merekap hasil kuesioner.
7. Melakukan analisis data hasil survei.

Tabel 3. 1 Data demografi makbul

Demografi Mean	Mean $\pm$ standard deviation
Umur	22 tahun
Berat badan	66 kg
Pengalaman	0 tahun
Tinggi	168 cm

Gambar Pengoprasian Tanpa Menggunakan Rangka Vapor Blasting dapat menyebabkan kelelahan pada postur tubuh operator pada saat melakukannya



Gambar 3. 6 Postur Tubuh Operasional

1. Deskripsi Postur Kerja

Berdasarkan foto:

- Operator berdiri
- Batang tubuh membungkuk
- Leher menunduk
- Lengan menjangkau ke bawah sambil memegang alat

Tabel 3. 2 Perhitungan REBA

No	URUTAN	NILAI/SKOR
1.	Step 1 (<i>Neck/Leher</i>)	+2
2.	Step 2 (<i>Trunk/punggung</i>)	+4
3.	Step 3 (<i>Legs/kaki</i>)	+1
4.	Step 4	5
5.	Step 5 (11 lbs)	+0
6.	Step 6 (Step 4 + Step 5)	5
7.	Step 7 (<i>Upper Arm/Lengan Atas</i>)	+4
8.	Step 8 (<i>Lower Arm/Lengan Bawah</i>)	+1
9.	Step 9 (<i>wrist/Pergelangan tangan</i>)	+1
10.	Step 10	4
11.	Step 11 (Add Force)	+1
12.	Step 12 (Step 10 + Step 11)	5
13.	Step 13 (<i>Activity Score</i>)	+1
	HASIL TABEL C (6+1=7)	7 (Resiko Sedang)

Untuk link pengisian kuisioner terdapat di tautan berikut:

<https://intip.in/KursionerTADandy>

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

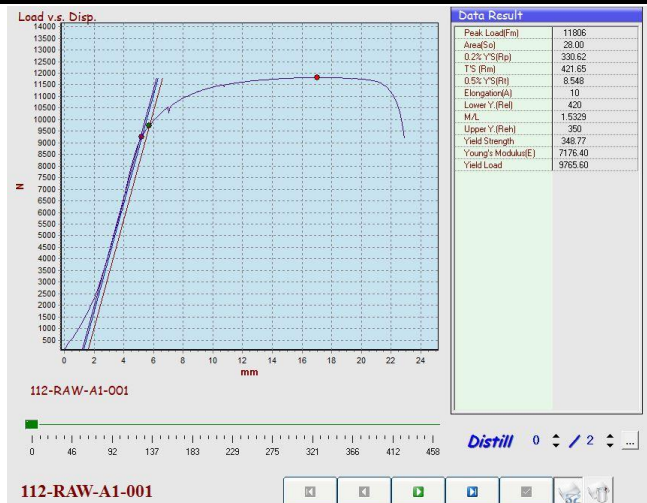
4.1 Pengujian Kekuatan Material

Pengujian kekuatan material dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan suatu material dalam menahan beban atau gaya yang bekerja padanya. material yang diuji adalah material mild stell dengan Spesimen uji memiliki panjang awal (L_0) 177,8 mm, lebar awal (W_0) 14 mm, ketebalan awal (T_0) 2 mm, panjang daerah ukur (*Gauge Length/GL*) 80 m, dan *Grip* 37,4 mm. Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dengan metode uji tarik mengacu pada standart ASTM E8. Proses pengujian dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4. 1 Proses Pengujian Material

Berdasarkan hasil pengujian material pada gambar 4.1 diperoleh hasil pengujian berupa grafik *load* diperoleh data yang bisa ditinjau pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 hasil pengujian tarik

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa material mild stell yang di uji memiliki sifat mekanik yang sesuai dengan karakteristik baja karbon rendah (*mild steel*) dengan tegangan luluh (*Yield Streght*) 348,77 MPa dan tegangan tarik (Tegangan *Strees*) 421,65 MPa yang masih berada dalam standart material. Dari hasil data ini akan digunakan untuk simulasi atau pengujian numerik pada desain rangka.

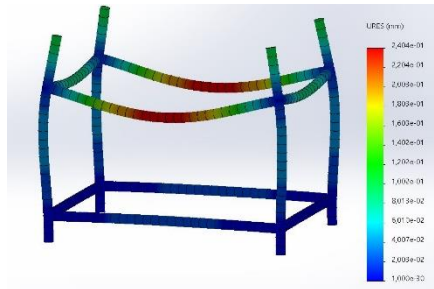
4.2 Pengujian Numerik

Analisis kekuatan struktur rangka dilakukan secara numerik menggunakan fitur *strees analysis* pada perangkat *Solidworks*. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui seberapa besar *displacement* yang terjadi pada rangka ketika diberi beban kerja, dan juga hasil nilai dari tegangan kerja rangka tersebut. Dalam pengujian numerik pada *Solidworks* sebagai berikut:

1. Buka *Software Solidworks*
2. Persiapan Desain
3. Menentukan Material

4. Membuat Studi Simulasi
5. Menentukan Tumpuan (*Fixture*)
6. Memberi beban (700N)
7. Proses *Meshing*
8. Menjalankan Simulasi
9. Analisis hasil *defleksi*
10. Evaluasi

Dari hasil pengujian numerik didapatkan hasil *displacement* dan tegangan kerja pada rangka yang dapat ditinjau pada gambar 4.3



Gambar 4. 3 Hasil *displacement* pada rangka

Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 4.3 diperoleh nilai *displacement* sebesar 0,24 mm. Nilai ini dibandingkan dengan batas lendutan yang diizinkan (*allowable deflection*) menggunakan kriteria $L/240$, yang merupakan batas lendutan yang umum digunakan dalam perencanaan struktur berdasarkan SNI 1727:2020 dan SNI 1729:2020 dengan persamaan:

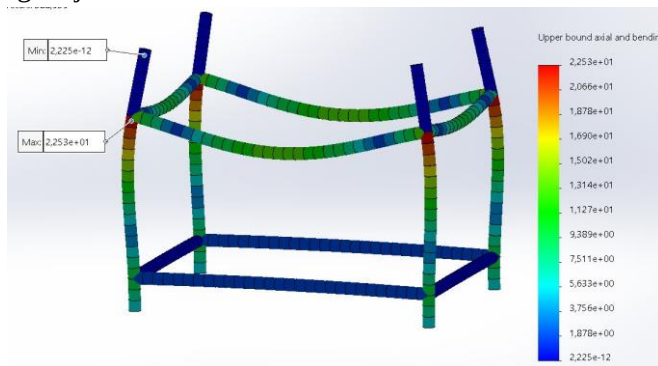
$$Defleksi = \frac{L}{240}$$

$$Defleksi = \frac{935}{240}$$

$$Defleksi = 3,90$$

Dengan panjang bentang rangka 935 mm, diperoleh batas lendutan sebesar 3,90 mm. Karena nilai *displacement* hasil simulasi 0,24 mm lebih kecil dari 3,90 mm, maka rangka memenuhi batas lendutan yang diizinkan, sehingga memiliki kekakuan yang baik dan aman digunakan untuk menopang beban kerja.

Berdasarkan gambar 4.4 dengan jenis material ASTM A36 dengan dari hasil pengujian *numerik* yang menunjukkan tegangan kerja pada rangka. Untuk mengetahui tegangan kerja aman atau tidak, digunakan persamaan yang mengacu tentang tegangan ijin.



Gambar 4. 4 Hasil tegangan kerja pada rangka

$$\text{Tegangan ijin} = \frac{\text{Tegangan yield material}}{\text{faktor keamanan}}$$

$$\text{Tegangan ijin} = \frac{348,77 \text{ MPa}}{2}$$

$$\text{Tegangan ijin} = 174,38 \text{ MPa}$$

Dengan demikian nilai tegangan kerja dari hasil pengujian *numerik* sebesar 22,53 Mpa masih jauh di bawah tegangan ijin pada rangka sebesar 174,38 Mpa dan dapat di simpulkan struktur rangka berada dalam kondisi aman secara tegangan karena:

$$\sigma_{\text{kerja}} < \sigma_{\text{ijin}} = 22,53 \text{ Mpa} < 174,38 \text{ Mpa}$$

Hal ini dalam perencanaan dan analisa srukutur, tegangan kerja yang terjadi pada material harus lebih kecil dari tegangan ijin material tersebut agar struktur rangka dapat bekerja dengan aman tidak mengalami kegagalan struktur dan memiliki faktor keamanan yang memadai.

4.3 Pengambilan Data REBA

Analisis pengambilan data ergonomi REBA digunakan untuk menilai postur kerja pada saat penggunaan alat *vaporblasting*. Untuk perhitungan REBA mengacu pada sub bab 2.7, berikut hasil perhitungan REBA yang dapat di tinjau pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3.

Tabel 4. 1 Perhitungan REBA Pada Ketinggian Meja 800mm

NAMA	TINGGI BADAN	RANGE TINGGI BADAN	STEP													NILAI REBA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Irfan Trio	164	164 - 165	2	1	2	3	0	3	3	1	1	3	1	4	1	4
Ainun Naim	165	165 – 166	2	1	2	3	0	3	3	1	1	3	1	4	1	4
Dwi juniarta	165	165 – 166	2	1	2	3	0	3	3	1	1	3	1	4	1	4
Fahmi	166	166 – 167	2	1	2	3	0	3	3	1	1	3	1	4	1	4
Firman	166	166 – 167	2	1	2	3	0	3	3	1	1	3	1	4	1	4
Muhaimin	166	166 - 167	2	1	2	3	0	3	3	1	1	3	1	4	1	4
Fikri	166	166 -167	2	1	2	3	0	3	3	1	1	3	1	4	1	4
Makbul	168	168 – 170	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Yuda	168	168 – 170	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Sandy	168	168-170	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3

Tabel 4. 2 Perhitungan Pada Ketinggian Meja 700mm

NAMA	TINGGI BADAN	RANGE TINGGI BADAN	STEP													NILAI REBA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Irfan Trio	164	164 - 165	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Ainun Naim	165	165 – 166	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Dwi juniarta	165	165 – 166	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Fahmi	166	166 – 167	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Firman	166	166 – 167	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Muhaimin	166	166 - 167	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Fikri	166	166 -167	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Makbul	168	168 – 170	2	2	2	4	0	4	3	1	1	3	1	4	1	5
Yuda	168	168 – 170	2	2	2	4	0	4	3	1	1	3	1	4	1	5
Sandy	168	168-170	2	2	2	4	0	4	3	1	1	3	1	4	1	5

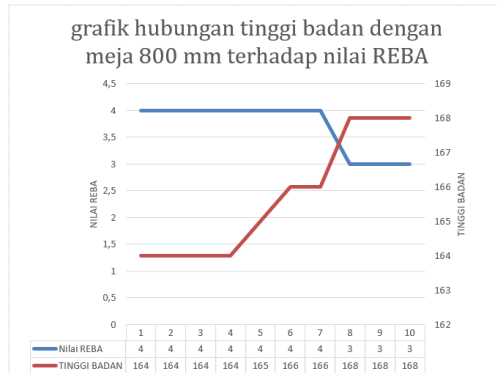
Tabel 4. 3 Tabel Perhitungan REBA Rangka *Vapor Blsting* 650mm

NAMA	TINGGI BADAN	RANGE TINGGI BADAN	STEP													NILAI REBA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Irfan Trio	164	164 - 165	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Ainun Naim	165	165 – 166	2	3	1	4	0	4	2	1	1	1	1	1	1	3
Dwi juniarta	165	165 – 166	2	3	1	4	0	4	2	1	1	1	1	1	1	3
Fahmi	166	166 – 167	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Firman	166	166 – 167	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Muhaimin	166	166 - 167	2	2	1	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	3
Fikri	166	166 -167	2	3	1	4	0	4	2	1	1	1	1	1	1	3
Makbul	168	168 – 170	2	3	2	5	0	5	3	1	1	3	1	4	1	6
Yuda	168	168 – 170	2	3	2	5	0	5	3	1	1	3	1	4	1	6
Sandy	168	168- 170	2	3	2	5	0	5	3	1	1	3	1	4	1	6

Halaman ini sengaja dikosongkan

4.3.1 Grafik Data REBA 800mm

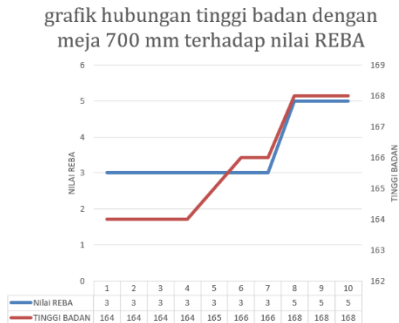
Pengambilan grafik data REBA ini berupa hasil dari perhitungan reba yang digunakan.



Gambar 4. 5 Grafik data reba 800mm

Grafik menunjukkan bahwa pada ketinggian meja 800 mm, semakin tinggi badan operator maka nilai REBA semakin menurun. Operator dengan tinggi 164–166 cm memperoleh nilai REBA 4 yang dimana kondisi sedang, sedangkan operator dengan tinggi 168 cm memperoleh nilai REBA 3 dengan kondisi rendah. Hal ini menunjukkan bahwa meja 800 mm lebih sesuai untuk operator yang lebih tinggi sehingga postur kerjanya menjadi lebih ergonomis

4.3.2 Grafik Data REBA 700mm



Gambar 4. 6 Grafik data reba 700mm

Grafik menunjukkan bahwa pada ketinggian meja 700 mm, semakin tinggi badan operator maka nilai REBA cenderung meningkat. Operator dengan tinggi badan 164–166 cm memperoleh nilai REBA 3, sedangkan operator dengan tinggi badan 168 cm memperoleh nilai REBA 5. Hal ini menunjukkan bahwa meja 700 mm kurang sesuai untuk operator yang lebih tinggi karena kurang ergonomis.

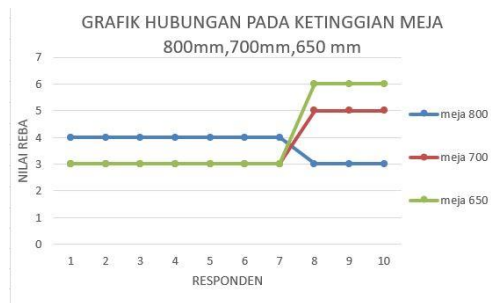
4.3.3 Grafik Data REBA 650mm



Gambar 4. 7 Grafik data reba 650mm

Grafik menunjukkan bahwa meja dengan tinggi 650 mm memberikan nilai REBA 3 (risiko rendah) pada operator dengan tinggi badan 164–166 cm, sehingga postur kerja lebih ergonomis. Namun, pada tinggi badan 168 cm nilai REBA meningkat menjadi 6 (risiko sedang), yang menunjukkan bahwa meja 650 mm kurang sesuai bagi operator yang lebih tinggi.

4.3.4 Hubungan masing-masing tinggi



Gambar 4. 8 Hubungan masing-masing tinggi

Grafik menunjukkan bahwa nilai REBA berbeda pada setiap variasi ketinggian meja. Meja 650 mm memberikan nilai REBA terendah untuk sebagian besar responden dengan tinggi badan 164–166 cm, yaitu sebesar 3 yang termasuk kategori risiko rendah. Pada responden dengan tinggi badan yang lebih tinggi (168 cm), nilai REBA pada meja 650 mm meningkat, sehingga meja 700 mm dan terutama 800 mm memberikan postur kerja yang lebih ergonomis. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa secara rata-rata ketinggian rangka yang paling sesuai dan ergonomis adalah 650 mm untuk operator dengan rentang tinggi badan 164–166 cm, karena menghasilkan nilai REBA terendah dan risiko ergonomi yang paling kecil.

- Contoh Perhitungan Menggunakan Rangka *Vaporblasting* dengan tinggi kaki 650mm Sebagai berikut:



Gambar 4. 9 Pengambilan Data Ergonomi

- Step 1 (*Locate Neck Position*) = + 2 Dikarenakan leher membentuk sudut 20°



Gambar 4. 10 Perhitungan Step 1

- Step 2 (*Locate Trunk Position*) = + 3 Dikarenakan tubuh membentuk sudut 20°



Gambar 4. 11 Perhitungan Step 2

- Step 3 (*Locate wrist Position*) = + 1 Dikarenakan kaki lurus



Gambar 4. 12 Perhitungan Step 3

Score Tabel A

Leher +2

Tubuh +2

Kaki +1

Score A = 3

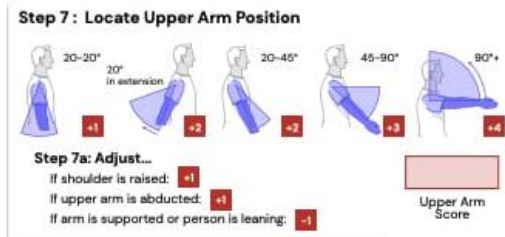
Table A	Neck															
	1				2				3				4			
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6			
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7			
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8			
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9			
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9			

Gambar 4. 13 Perhitungan Step 4

- Step 4 (*Look-up Posture in table A*) = 3
- Step 5 (*Add force/Load score*) = +0 Diambil dari massa beban yang dipegang tidak mencapai 1kg
- Step 6 (*Score A, Find row in table C*) = 3

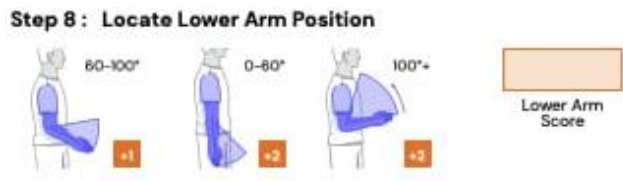
Hasil dari Step 4 + Step 5 ($3 + 0 = 3$)

- Step 7 (*Locate Upper arm position*) = +2 Dikarenakan lengan atas membentuk sudut 20°



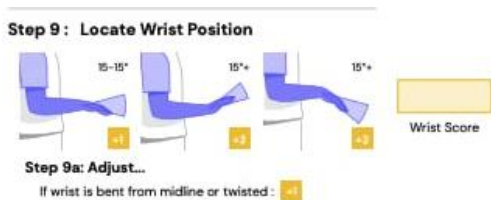
Gambar 4. 14 Perhitungan Step 7

- Step 8 (*Locate Lowe arm position*) = +1 Dikarenakan lengan bawah membentuk sudut 60°



Gambar 4. 15 Perhitungan Step 8

- Step 9 (*Locate Lowe arm position*) = +1 Dikarenakan lengan bawah membentuk sudut kurang dari 15°



Gambar 4. 16 Perhitungan Step 9

Score Tabel B

Lengan atas +2

Lengan bawah +1

Pergelangan +1

Score A = 1

Table B		Lower Arm								
		1			2			3		
Wrist		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Upper Arm Score	1	1	2	2	1	2	3			
	2	2	1	2	3	2	3	4		
	3	3	3	4	5	4	5	5		
	4	4	4	5	5	5	6	7		
	5	5	6	7	6	7	8	8		
	6	6	7	8	8	8	9	9		

Gambar 4. 17 Perhitungan Step 10

- Step 10 (*Look – up posture score in table B*) = 1
- Step 11 (*Add coupling score*) = +0 Dikarenakan memegang dengan pas dan cengkaraman yang cukup

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

=

Gambar 4. 18 Perhitungan Step 11

- Step 12 (*Score B, Find column in table C*) = 1
Hasil dari Step 10 + Step 11 (1 + 0 = 1)

- Step 13 (*Activity score*) = +1 Karna memegang alat berubah
- gaya operasi karena berat dari nozzel

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

Revised Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

Gambar 4. 19 Perhitungan Step 13

PENILAIAN TABEL C

Score A	Table C											
	Score 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	5	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

Gambar 4. 20 Perhitungan Tabel C

	+		=	
Table C Score		Activity Score		REBA Score
REBA Scoring				
1		negligible risk		
2 or 3		low risk, change may be needed		
4 to 7		medium risk, further investigation, change soon		
8 to 10		high risk, investigate and implement change		
11 +		very high risk, implement change		

Hasil Dari Tabel C:

Table C score + Activity Score

$$\begin{array}{rcl}
 2 & + & 1 \\
 & & = 3
 \end{array}$$

Termasuk Resiko Sangat Rendah

Kesimpulan: Hasil penilaian REBA menunjukkan skor akhir 3, yang termasuk kategori risiko rendah. Hal ini menunjukkan bahwa postur kerja operator sudah aman dan *ergonomis*, sehingga risiko terjadinya gangguan muskuloskeletal relatif kecil. Dengan demikian, desain rangka mesin *vapor blasting* dapat dinyatakan layak digunakan dari aspek ergonomi, sedangkan perbaikan yang dilakukan hanya bersifat penyempurnaan untuk meningkatkan kenyamanan kerja.

4.4 Pengambilan Data Paired Sample T-test

Pengambilan data pada tugas akhir ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan tingkat risiko ergonomi sebelum dan sesudah penggunaan rangka pada proses *vapor blasting*. Data sudah diperoleh dengan melakukan penilaian postur kerja menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment (REBA)* terhadap operator yang sama pada dua kondisi, yaitu sebelum menggunakan rangka dan sesudah menggunakan rangka.

OH DATA UJI PAIRED SAMPLE T		
No.	SEBELUM	SESUDAH
1.	4,2	1,2
2.	4,3	1,1
3.	4,7	1
4.	4,3	1,7
5.	4,1	1,7
6.	4,6	1,1
7.	4,6	1,1
8.	4,3	1,2
9.	4,3	1,5
10.	4,3	1,2

KRITERIA PENGUJIAN UJI PAIRED T-TEST (ALPHA 5%)		
P-VALUE < 0,05	ADA PERBEDAAN SIGNIFIKAN	
P-VALUE > 0,05	TIDAK ADA PERBEDAAN SIGNIFIKAN	
t-Test: Paired Two Sample for Means		
	SEBELUM	SESUDAH
Mean	4,370	1,280
Variance	0,038	0,066
Observations	10	10
Pearson Correlation	-0,657	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	9	
t Stat	23,707	
P(T<=t) one-tail	0,000	
t Critical one-tail	1,833	
P(T<=t) two-tail	0,000	
t Critical two-tail	2,262	

Gambar 4. 21 Data Paired Sample t-test

Berdasarkan hasil *Paired Sample t-Test*, diperoleh nilai rata-rata sebelum sebesar 4,370 dan sesudah sebesar 1,280. Hal ini menunjukkan adanya penurunan nilai setelah penggunaan rancangan rangka mesin *vapor blasting*. Hasil uji juga menunjukkan nilai P-value sebesar 0,000 yang lebih kecil dari 0,05, serta nilai t hitung sebesar 23,707 lebih besar dari t tabel sebesar 2,262. Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah penggunaan rangka. Hasil ini membuktikan bahwa rancangan rangka yang dibuat



Tugas Akhir TMAB

mampu meningkatkan aspek ergonomi dan kesiapan operasional mesin.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rangka mesin *vapor blasting* berhasil dirancang dan mampu menopang beban kerja sebesar 70 kg. Berdasarkan hasil analisis *numerik*, diperoleh nilai *displacement* sebesar 0,24 mm dan tegangan kerja sebesar 22,53 MPa. Nilai tegangan kerja tersebut masih berada di bawah tegangan izin material sebesar 174,38 MPa, sehingga rangka dinyatakan mampu digunakan untuk mendukung proses operasional mesin *vapor blasting*.
2. Hasil penilaian ergonomi menggunakan metode REBA menunjukkan bahwa variasi ketinggian rangka 650 mm merupakan variasi yang paling sesuai dari ketiga variasi yang diuji. Pada ketinggian 650 mm diperoleh nilai REBA sebesar 3 secara konsisten pada seluruh responden. Ketinggian 800 mm menghasilkan nilai REBA sebesar 3–4, sedangkan ketinggian 700 mm menghasilkan nilai REBA sebesar 3–5, dengan nilai tertinggi 5 pada operator dengan tinggi badan 168 cm. Dengan demikian, ketinggian 650 mm memberikan postur kerja yang lebih baik berdasarkan hasil penilaian REBA.
3. Hasil uji *paired sample t-test* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah penggunaan rangka mesin *vapor blasting*. Nilai rata-rata sebelum penggunaan rangka sebesar 4,370, sedangkan setelah penggunaan rangka sebesar 1,280, sehingga terjadi penurunan rata-rata sebesar 3,09 poin. Hasil pengujian menunjukkan nilai t Stat sebesar $23,707 > t$ *Critical two-tail* sebesar 2,262

dan P-value sebesar $0,000 < 0,05$. Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang menunjukkan bahwa penggunaan rangka memberikan perubahan yang signifikan terhadap kondisi operasional mesin *vapor blasting*. Berdasarkan hasil tersebut, rangka yang dirancang layak digunakan untuk mendukung proses perawatan komponen alat berat menggunakan mesin *vapor blasting*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian terhadap rangka *vapor blasting* maka terdapat beberapa saran:

- 1 Untuk range tinggi badan 168 – 170 cm jika perlu tambahkan penambahan tinggi pada rangka pada saat penggunaan *vapor blasting*
- 2 Dokumentasi dan publikasi hasil rancang bangun ini ke dalam seminar nasional atau jurnal ilmiah sangat disarankan untuk memperluas manfaat hasil penelitian
- 3 Perlu memperhatikan *Ergonomi* dalam penggunaan *vaporblasting* untuk memastikan pengguna dapat mengoperasikan dengan aman dan benar, terutama dalam konteks pembelajaran di lingkungan pendidikan vokasi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Azhriel, "PEMBUATAN INSTRUMEN ASESMEN PADA PEMBELAJARAN SISTEM DIFFERENTIAL," *ATIKANOTO: Journal of Automotive Engineering Education*, vol. 1, p. 3, 2024.
- [2] S. D. R. D. S. Dandi Firman Dani, "Pengembangan augmented reality pada sistem diferensial, sistem," *Jurnal Pendidikan Vokasi*, vol. 12, pp. (152-167), 2022.
- [3] e. p. pradana, "RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL POWER STEERING PADA TRAINER SISTEM KEMUDI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PRAKTEK CHASSIS," *JRM. Volume 6 Nomor 02*, pp. 5-9, 2021.
- [4] m. ridhwan, "rancang bangun sistem kemudi power steering hidrolik sebagai media pembelajaran praktek chassis," *JRM. Volume 06 Nomor 02*, pp. 1-4, 2021.
- [5] B. A. Firmansyah, "PERANCANGAN KONTRUKSI SISTEM KEMUDI TIPE RACK AND PINION PADA MOBIL HEMAT ENERGI "HAIZUM"," *Jurnal Sains dan Teknologi Teknik Mesin Unisma*, pp. 1-8, 2020.
- [6] S. G. P. Putra2, "Pembuatan Sistem Kemudi Power Steering," *Program Studi SI Teknik Mesin Universitas Batam*, vol. Volume 10 Nomor 1, no. Zona Mesin ISSN 2087 - 698X, pp. 34-38, 2020.
- [7] A. Suyono, "RANCANG BANGUN SISTEM KEMUDI MANUAL PADA MOBIL LISTRIK GARUDA UNESA," *JTM*, pp. 187-195, 2013.

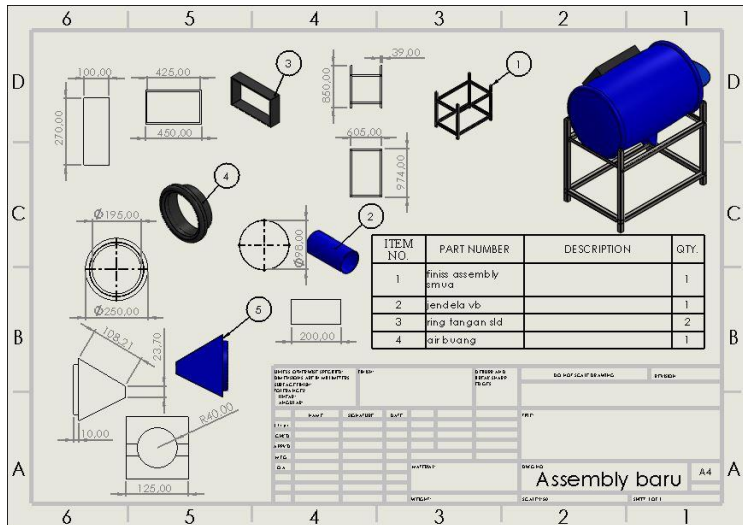
- [8] Y. S. P. A. S. Singgih Danu Cahyo, "Rancang Bangun Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik," *INOTEK*, Vol. 7, pp. 1166-1172, 2023.
- [9] R. S. N. P. Kurnia Dwi Artika1, "PERANCANGAN SISTEM KEMUDI MANUAL PADA MOBIL LISTRIK," *Jurnal Elemen*, pp. 1-6, 2017.
- [10] W. H. W. A. F. E. D. W. Sapto Aji, "LAPORAN PRAKTIK SISTEM KEMUDI REM DAN SUSPENS “RACK AND PINION POWER STEERING”,” 13 februari 2019. [Online].
- [11] S. Aji, "LAPORAN PRAKTIK SISTEM KEMUDI REM DAN SUSPENS “RACK AND PINION POWER STEERING”,” 13 februari 2019. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/441476445/304521289-Laporan-Power-Steering-Rack-and-Pinion>.
- [12] T. SAKSANA, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM REM PADA MOBIL BARANG ‘13,” agustus 2017. [Online]. Available: <https://eprints.uny.ac.id/61180/1/13509134001-TRI%20SAKSANA-PROYEK%20AKHIR.pdf>.
- [13] M. F. SYUHADA, "TUGAS MATA KULIAH CHASIS DANPEMINDAH DAYA,” oktober 2018. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/394687631/Makalah-Sistem-Kemudi>.
- [14] A. M. Wijaya Irfan Syah Aji, "ANALISA POSTUR KERJA DENGAN METODE RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA) PADA OPARATOR MESIN EXTRUDER DI STASIUN KERJA EXTRUDING PADA PT XYZ," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 11 No.1, pp. 1693-2102, 2018.

- [15] Pramono, G. E., Hidayat, A., & Waluyo, R. (2020). *Perancangan dan Simulasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik Tipe Trellis Menggunakan Finite Element Analysis*. JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), 5(2), 319–326

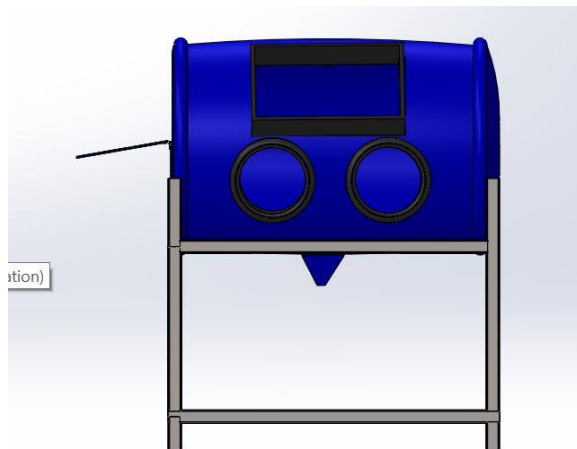
Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain DED Rangka vapor blasting



Lampiran 2 Desain Rangka vapor blasting



BIODATA PENULIS

Moh. Noer Dandy Maulana dilahirkan di Sampang, 20 April 2004. Anak dari Bapak Sudarsono dan Ibu Fatimatal Baitul. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis mulai menuntut ilmu di SDN Krampon 1 pada tahun (2012-2017), melanjutkan ke SMPN 1 Torjun pada tahun (2017-2020)

melanjutkan ke SMAN 1 Torjun pada tahun (2020- 2023), Pada tahun 2023 alhamdulillah penulis dapat melanjutkan menuntut ilmu di perguruan tinggi Politeknik Negeri Madura Jurusan Teknik Mesin Alat Berat selama 3 tahun (2023-2026). Selama menempah ilmu di Politeknik Negeri Madura, penulis juga aktif diberbagai macam organisasi kampus. Penulis bergabung sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Alat Berat pada periode (2024-2025) - (2025-2026). Serta penulis mengikuti On the Job Training di PT. ROBUTECH Selama 3 bulan, mengikuti Sertifikasi K3 Kontruksi Level 5 Wilayah IV Surabaya, dan juga mengikuti Sertifikasi Kompetensi Junior Engineer Pemesinan Konvensional.