

Perancangan Mesin *Vibration Deburring* Untuk Penghalusan Sudut Tajam Pada Benda Kerja Logam Di PT.XYZ

Yuhana Dwi Prasetya¹, Amirul Siddiq Mirza^{1*}, Luqman Nur Hakim².

¹Teknik Mesin, Teknik Perancangan dan Konstruksi Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Kabupaten Bandung Barat, Indonesia

²PT. Pindad Enjiniring Indonesia, Kota Bandung, Indonesia.

Email: ^{1*}amirul.siddiq@polban.ac.id

(* : coresponding author)

Abstrak – Proses permesinan seperti pemotongan, pengeboran, dan penggerindaan sering meninggalkan *burr* pada tepi benda kerja yang dapat menurunkan kualitas permukaan, mengganggu proses perakitan, serta berpotensi membahayakan pengguna. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode *finishing* yang efektif dan efisien untuk menghilangkan *burr* tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah mesin *vibration deburring* yang mampu menghilangkan *burr* sekaligus meningkatkan kualitas permukaan benda kerja hasil permesinan. Metode yang digunakan dalam perancangan meliputi studi literatur dan produk eksisting sebagai acuan desain, identifikasi kebutuhan dan spesifikasi teknis, perhitungan komponen utama, serta perancangan sistem mekanik dan struktur rangka mesin. Mesin *vibration deburring* yang dirancang menggunakan motor listrik tiga fasa dengan kecepatan putar 3000 RPM dan daya sekitar 1 kW sebagai sumber penggerak utama. Tangki *deburring* dirancang dengan dimensi 700 × 440 × 400 mm sehingga mampu menampung sepuluh atau lebih benda kerja dalam satu siklus proses. Struktur rangka mesin menggunakan material ASTM A36 dengan nilai *yield strength* sebesar 250 MPa. Analisis kekuatan rangka menunjukkan bahwa pada kondisi pembebanan sebesar 300 kg, tegangan maksimum yang terjadi pada rangka bawah adalah 69,5 MPa, sehingga masih berada jauh di bawah batas luluh material. Berdasarkan hasil perancangan dan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa mesin *vibration deburring* yang dirancang telah memenuhi kebutuhan operasional serta persyaratan kekuatan struktur. Rancangan ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi dan referensi dalam pengembangan mesin *finishing* berbasis getaran untuk aplikasi industri manufaktur.

Kata Kunci: *Vibration Deburring*, Mesin *Finishing*, Burr, Analisis Struktur

Abstract – Machining processes such as cutting, drilling, and grinding often leave burrs on workpiece edges that can reduce surface quality, disrupt assembly, and pose safety risks. Therefore, an effective and efficient finishing method is required to remove these burrs. This study aims to design a vibration deburring machine capable of removing burrs while improving the surface quality of machined workpieces. The design method includes a literature review and analysis of existing products as design references, identification of functional requirements and technical specifications, calculation of main components, and mechanical and frame structure design. The proposed vibration deburring machine is driven by a three-phase electric motor with a rotational speed of 3000 RPM and a power of approximately 1 kW. The deburring tank is designed with dimensions of 700 × 440 × 400 mm, enabling the processing of ten or more workpieces in a single cycle. The machine frame is constructed from ASTM A36 steel with a yield strength of 250 MPa. Structural analysis shows that under a maximum load of 300 kg, the highest stress in the lower frame reaches 69.5 MPa, which is well below the material's yield limit. Based on these results, the designed vibration deburring machine meets operational and structural strength requirements. This design is expected to serve as an alternative solution and reference for vibration-based finishing machines in industrial manufacturing applications. The machine is suitable for small-scale manufacturing.

Keywords: *Vibration Deburring*, Finishing Machine, Burr, Structural Analysis

1. PENDAHULUAN

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak bergerak di bidang pekerjaan manufaktur, enjiniring, perdagangan, pemborongan, pengembang (*developer*), perindustrian, mekanikal elektrik, pertanian, pertambangan, jasa, perhotelan, percetakan dan pengembangan bidang pelayanan kesehatan mulai dari pelayanan, penunjang medis, serta apotik. Proses permesinan seperti pemotongan, penggerindaan, dan pengeboran sering menghasilkan *burr* berupa sisa material pada tepi benda kerja akibat deformasi plastis. Proses penghilangan *burr* di PT. XYZ masih dilakukan secara manual menggunakan kikir, amplas, dan gerinda tangan. Metode tersebut relatif murah dan fleksibel, namun membutuhkan waktu pengerjaan yang lama dan sangat bergantung pada

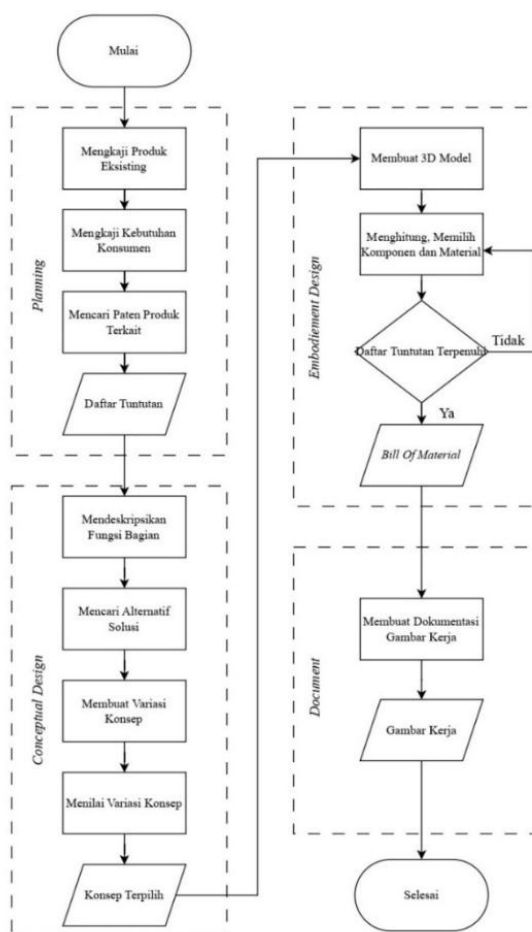
keterampilan operator, serta menghasilkan kualitas yang kurang konsisten terutama pada jumlah produksi yang besar.

Seiring meningkatnya tuntutan industri terhadap efisiensi, keselamatan kerja, dan konsistensi kualitas, diperlukan solusi teknologi yang mampu mengotomatisasi proses deburring. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah mesin deburring berbasis getaran yang memanfaatkan gaya sentrifugal untuk menggerakkan benda kerja bersama media abrasif di dalam wadah tertutup. Getaran yang dihasilkan menimbulkan gesekan antara benda kerja dengan media abrasif sehingga burr dan sudut tajam dapat dihilangkan secara bertahap dan merata.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin *vibration deburring* sebagai alternatif metode manual yang mampu menghasilkan proses penghilangan burr dengan waktu yang lebih efisien dan kualitas hasil yang konsisten. Perancangan difokuskan pada pengembangan sistem getaran yang optimal, pemilihan komponen dan material, analisis kekuatan struktur, serta aspek manufaktur dan ekonomi. Lingkup penelitian dibatasi pada tahap perancangan dan analisis, dengan luaran berupa desain mesin dalam bentuk model tiga dimensi, *bill of material*, dan gambar kerja dua dimensi.

2. METODE

Perancangan ini menggunakan metode perancangan yang meliputi tahap *planning*, *conceptual design*, *embodiment design*, dan *document*. Diagram alir dari metodologi perancangan mesin *vibration deburring* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan

Tahapan penelitian dimulai dari mencari produk eksisting dan identifikasi kebutuhan industri untuk menghasilkan daftar tuntutan. Tahap selanjutnya yang dilakukan yaitu membuat beberapa alternatif konsep dan dievaluasi untuk mendapatkan konsep terpilih. Setelah mendapatkan konsep terbaik, langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan detail dan analisis teknis terhadap sistem getaran dan struktur mesin. Tahap terakhir adalah membuat dokumen berupa gambar kerja dari 3D model yang sudah dibuat.

2.1 Planning

a. Produk Eksisting

Tabel 1. Produk Eksisting

No.	Jenis Produk	Metode Kerja	Kelebihan	Keterbatasan
1	Gerinda Tangan	Manual	Fleksibel, biaya rendah	Hasil kurang konsisten
2	Mini Rotary Grinder	Manual	Ukuran kecil	Waktu lama, kapasitas terbatas
3	Vibratory Tumbler	Getaran	Proses otomatis	Harga mahal

Berdasarkan Tabel 1, metode *deburring* yang digunakan saat ini masih didominasi oleh proses manual yang memiliki keterbatasan pada konsistensi hasil dan efisiensi waktu. Mesin vibratory tumbler menawarkan sistem yang lebih otomatis, namun memiliki keterbatasan dari segi fleksibilitas dan biaya. Oleh karena itu, diperlukan perancangan mesin vibration *deburring* yang mampu mengatasi keterbatasan tersebut.

b. Daftar Tuntutan

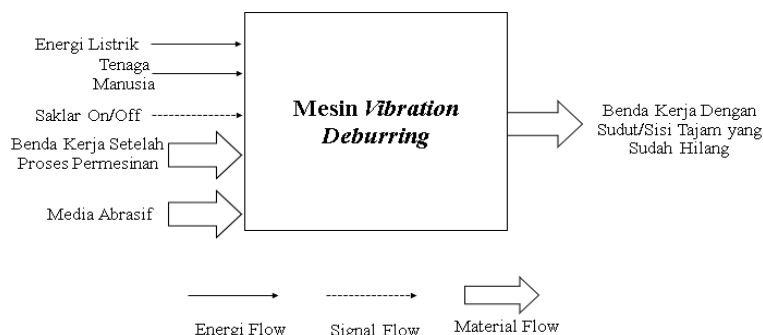
Tabel 2. Daftar Tuntutan

Aspek	Metode Kerja
Kapasitas	Mampu memproses lebih dari 10 benda kerja dalam sekali siklus
Waktu Proses	Waktu proses 3 jam per siklus
Material	Menggunakan material yang mudah diperoleh dan tahan getaran
Keandalan	Struktur mesin kuat dan kokoh
Ergonomi	Mudah dioperasikan oleh operator
Keselamatan	Meminimalkan sudut tajam
Perawatan	Menggunakan komponen standar yang mudah diperoleh di pasaran

Daftar tuntutan pada Tabel 2 digunakan sebagai acuan utama dalam proses perancangan mesin *vibration deburring*. Tuntutan tersebut mencakup aspek kapasitas, material, ergonomi, keselamatan, dan kemudahan perawatan yang disesuaikan dengan kebutuhan industri. Seluruh tahap perancangan dan analisis selanjutnya mengacu pada daftar tuntutan ini.

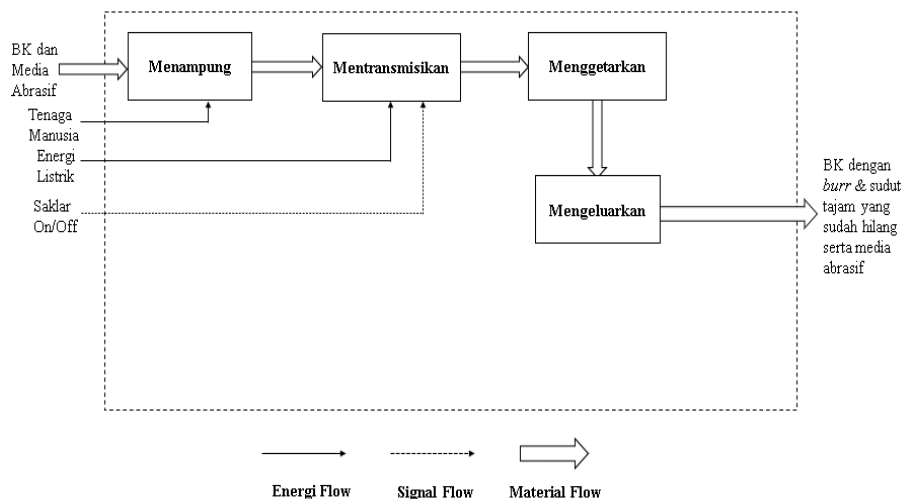
2.2. Conceptual Design

Fungsi utama dari mesin *vibration deburring* yaitu menghilangkan burr pada benda kerja secara merata dan otomatis melalui proses getaran yang dikombinasikan dengan media abrasif. Melalui mekanisme getaran, benda kerja yang dimasukkan kedalam tanki bersama media abrasif akan merontokkan sisa-sisa tonjolan kecil, menghaluskan permukaan dan menghilangkan sudut tajam pada benda kerja. *Black Box* dari mesin *vibration deburring* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Black Box Mesin Vibration Deburring

Setelah mengetahui fungsi utama dari mesin yang akan dirancang, Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi fungsi bagian dari mesin *vibration deburring*. Fungsi bagian dari mesin *vibration deburring* dapat dilihat pada Gambar 3.

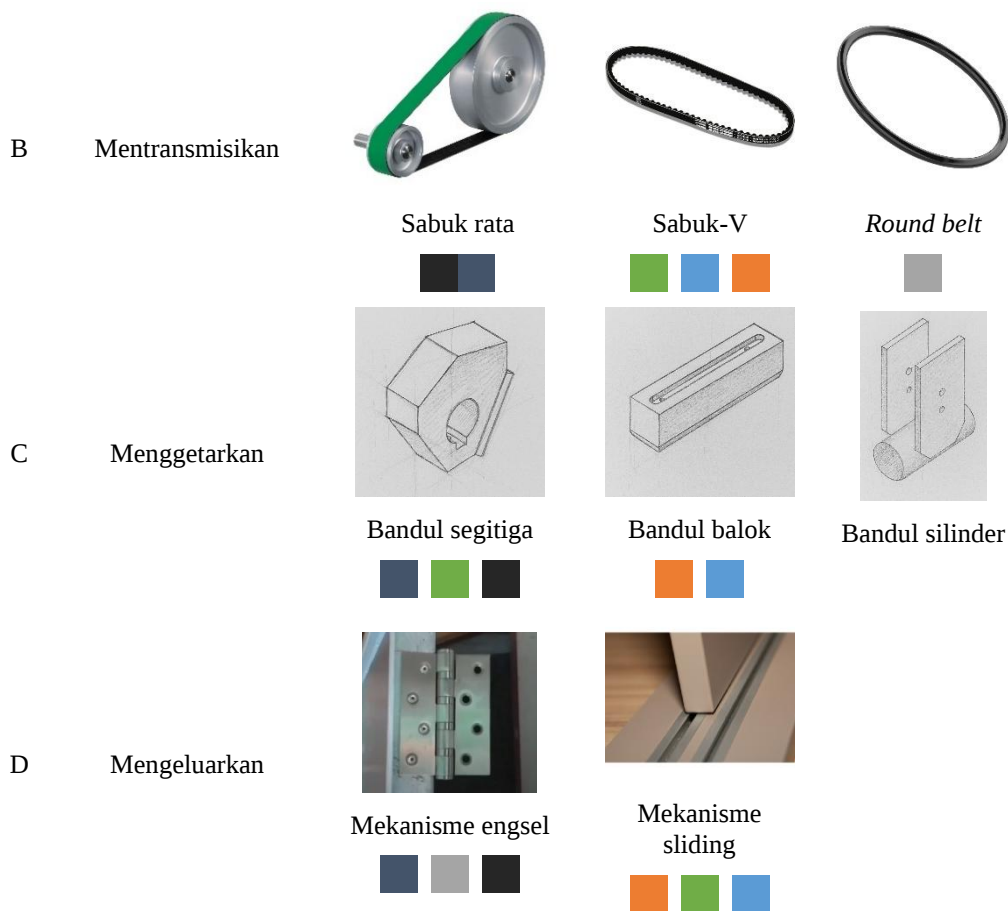


Gambar 3. Diagram Fungsi Mesin Vibration Deburring

Langkah selanjutnya setelah mengetahui fungsi bagian dari mesin *vibration deburring* adalah membuat alternatif solusi bagian dari masing-masing fungsi bagian. Alternatif solusi bagian merupakan ide-ide dari mekanisme fungsi bagian. Alternatif Solusi bagian dibuat karena dapat membantu dalam menemukan kombinasi solusi terbaik dengan mengorganisir berbagai pilihan solusi untuk setiap aspek atau elemen desain. Alternatif Solusi bagian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Morfologi

No.	Fungsi Bagian	Alternatif Solusi		
		Konsep 1	Konsep 2	Konsep 3
A	Menampung			
		Tanki berbentuk silinder	Tanki berbentuk bulat	Drum



Setelah melakukan dan mencari alternatif solusi dari masing-masing fungsi bagian, langkah selanjutnya adalah mencari variasi konsep dengan cara menggabungkan setiap alternatif solusi bagian, berikut merupakan beberapa variasi konsep dari mesin vibration deburring:

1. Variasi Konsep 1 : A1+B1+C1+D1
2. Variasi Konsep 2 : A2+B2+C2+D2
3. Variasi Konsep 3 : A3+B3+C3+D1
4. Variasi Konsep 4 : A1+B2+C1+D2
5. Variasi Konsep 5 : A2+B1+C1+D2
6. Variasi Konsep 6 : A3+B2+C2+D2



Langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian variasi konsep yang sudah dibuat sebelumnya. Penilaian dilakukan berdasarkan standar VDI 2225 dari buku tulisan Pahl & Beitz (Collins dkk., 2021). . Kriteria penilaian untuk menilai variasi konsep yang sudah dibuat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Penilaian

No	Kriteria Penilaian
1	Kemudahan Pengoperasian
2	Kemudahan Perakitan

3	Kemudahan Perawatan
4	<i>Durable</i>
5	Safety

Langkah selanjutnya adalah menentukan bobot penilaian untuk masing-masing kriteria yang sudah dibuat. Perhitungan bobot penilaian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Bobot Penilaian

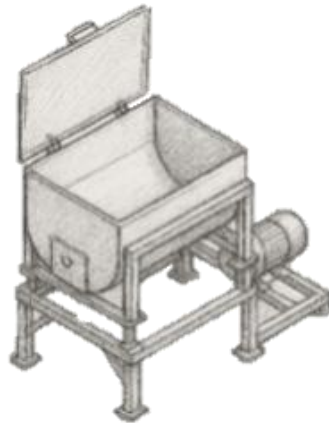
No	Kriteria Penilaian	A	B	C	D	E	Total	Bobot
A	Kemudahan Pengoperasian		1	1	0	0	2	20%
B	Kemudahan Perakitan	0		0	1	0	1	10%
C	Kemudahan Perawatan	0	1		0	0	1	10%
D	<i>Durable</i>	1	0	1		0	2	20%
E	Safety	1	1	1	1		4	40%
Total							10	100%

Langkah berikutnya adalah menetapkan penilaian untuk masing-masing variasi konsep. Penilaian diberikan dengan skala 1–4, di mana nilai 4 menunjukkan variasi konsep terbaik. Nilai dari setiap variasi konsep disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Penilaian Variasi Konsep

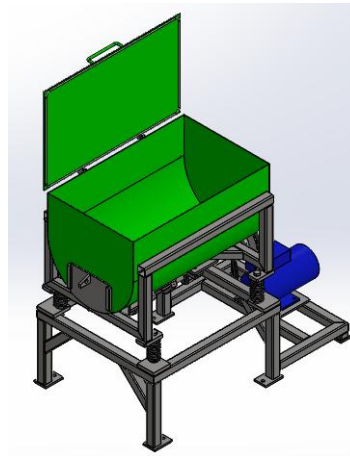
No	Kriteria Penilaian	Bobot	VK 1		VK2		VK3		VK4		VK5		VK6	
			N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T
1	Kemudahan Pengoperasian	20%	4	0,8	4	0,8	4	0,8	4	0,8	4	0,8	4	0,8
2	Kemudahan Perakitan	10%	4	0,4	3	0,3	4	0,4	4	0,4	3	0,3	4	0,4
3	Kemudahan Perawatan	10%	4	0,4	3	0,3	4	0,4	4	0,4	4	0,4	3	0,3
4	<i>Durable</i>	20%	4	0,8	2	0,4	2	0,4	4	0,8	4	0,8	2	0,4
5	<i>Safety</i>	40%	3	1,2	3	1,2	2	0,8	4	1,6	3	1,2	3	1,2
Total		100%	19	3,6	15	3	16	2,8	20	4	18	3,5	16	3,1

Setelah membuat variasi konsep dan melakukan penilaian variasi konsep dari masing-masing fungsi bagian, didapatkan konsep terpilih yang menyesuaikan kriteria-kriteria penilaian yang telah terpenuhi. Konsep terpilih untuk mesin *vibration deburring* adalah variasi konsep keempat. *Sketching* dari variasi konsep terpilih dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Variasi Konsep Terpilih Mesin *Vibration Deburring*

2.3. Embodiment Design



Gambar 5. 3D Model Mesin *Vibration Deburring*

Tahap selanjutnya setelah mendapatkan konsep terpilih adalah membuat 3D model yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan melakukan analisis perhitungan untuk memastikan bahwa rancangan tersebut kuat menahan beban yang diberikan. Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan perhitungan kekuatan sambungan las menggunakan persamaan berikut:

$$qd = \frac{F}{AW} \quad (1)$$

Dimana:

qd = Gaya geser per mm panjang las (N/mm)

F = Gaya (N)

AW = Luas Penampang (mm)

Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan diameter minimum poros transmisi yang akan digunakan menggunakan persamaan berikut:

$$d \geq \left[\frac{5,1}{\tau a} \sqrt{(M.Cb)^2 + (T.Kt)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

Dimana:

d = Diameter poros minimum (mm)

τa = Tegangan geser ijin bahan poros (Mpa)

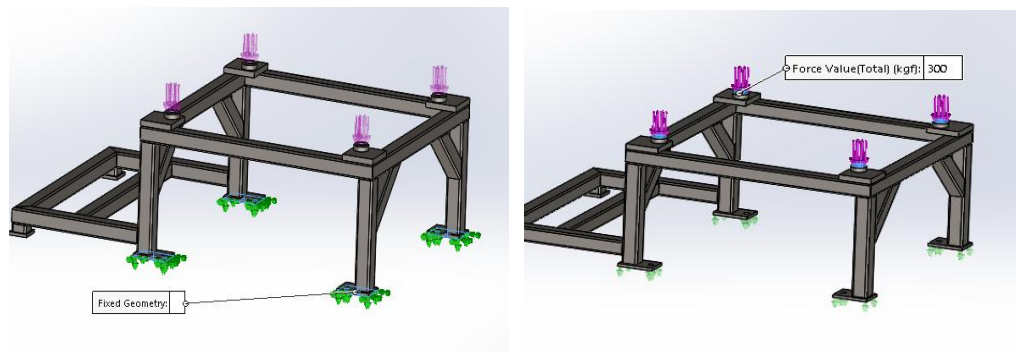
M = Momen bending

Cb = Faktor koreksi pengaruh momen bending

T = Torsi (Kg.mm)

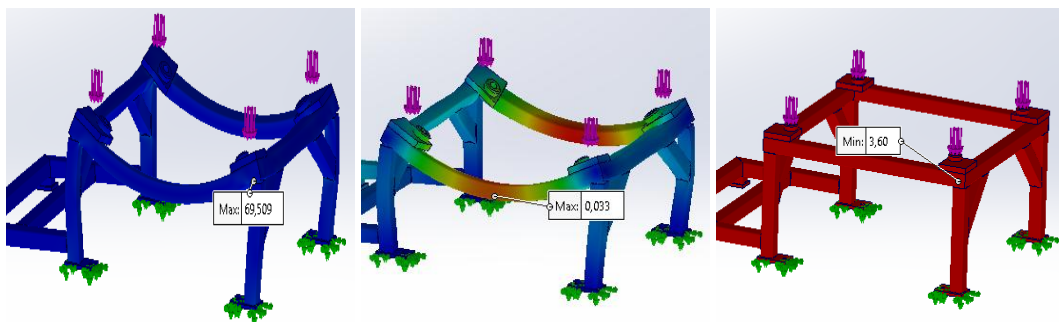
Kt = Faktor koreksi pengaruh momen puntir

Setelah selesai melakukan perhitungan yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis *finite element method* (FEM). Analisa FEM ini dilakukan pada komponen yang paling dianggap kritis. Analisis FEM dilakukan menggunakan perangkat lunak seperti *SolidWorks Simulation* yang akan mempermudah proses pemodelan, pemberian beban dan penentuan kondisi batas. Pada kasus mesin *vibration deburring*, rangka bawah dianggap menjadi bagian paling kritis karena harus menopang rangka atas dan tanki. Material yang digunakan untuk rangka bawah adalah ASTM A36 dengan *yield strength* 250 Mpa. Beban yang diberikan pada rangka bawah adalah 300 Kg karena diasumsikan bahwa benda bergetar akan mengakibatkan gaya yang terjadi menjadi lebih besar. *Boundary condition* dari simulasi rangka bawah FEM dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Boundary Condition

Hasil simulasi FEM pada rangka bawah disajikan pada Gambar 7.

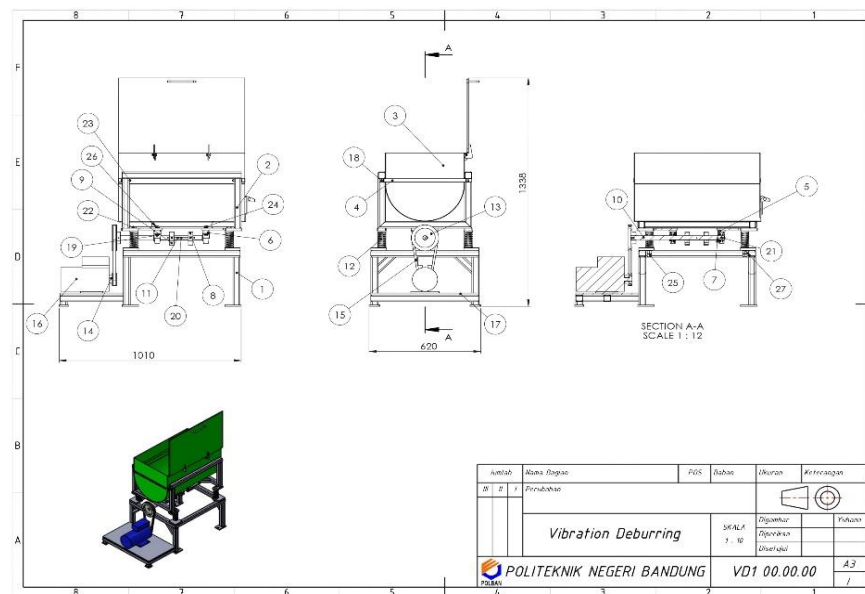


Gambar 7. Hasil simulasi vonmises(kiri), displacement(tengah), safety factor(kanan)

Berdasarkan hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa rangka bawah kuat menahan beban yang diberikan karena tegangan yang terjadi tidak lebih besar dari *yield strength* material.

2.4. Document

Setelah melakukan tahap *embodiement design*, langkah terakhir adalah melakukan dokumentasi atau pembuatan gambar kerja dari rancangan mesin *vibration deburring*. Hasil gambar rancangan final dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Drawing Mesin Vibration Deburring

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan mesin *vibration deburring* yang dilakukan di PT. XYZ, diperoleh beberapa hasil utama. Mesin yang dirancang menggunakan motor listrik tiga fasa dengan kecepatan putar 3000 RPM dan daya sekitar 1 kW, yang dinilai telah memenuhi kebutuhan operasional proses *deburring*. Dimensi tangki yang dirancang sebesar $700 \times 440 \times 400$ mm mampu memenuhi daftar tuntutan kapasitas, karena dapat menampung sepuluh atau lebih benda kerja dalam satu siklus proses. Rangka mesin menggunakan material ASTM A36 dengan nilai *yield strength* sebesar 250 MPa. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi pembebanan sebesar 300 kg, tegangan maksimum yang terjadi pada rangka bawah adalah 69,509 MPa. Nilai tegangan tersebut masih berada jauh di bawah batas luluh material, sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan rangka telah memenuhi persyaratan desain dan aman digunakan dalam kondisi operasi yang direncanakan.

REFERENCES

- Beaucamp, A. T., Namba, Y., Charlton, P., Jain, S., & Graziano, A. A. (2015). Finishing of optical surfaces using vibratory and bonnet polishing. *CIRP Annals*, 64(1), 333–336.
- Collins, S. P., Storrow, A., Liu, D., Jenkins, C. A., Miller, K. F., Kampe, C., & Butler, J. (2021).
- Fan, F., Jalui, S., Shahed, K., Mullany, B., & Manogharan, G. (2025). Mass finishing for additive manufacturing: Tribological analysis, surface topology, image processing, predictive model, and processing recommendations. *Tribology International*, 204, 110486.
- Fischer, U. (2010). *Mechanical and metal trades handbook* (2nd ed.). Verlag Europa Lehrmittel.
- Ihara, M., Matsubara, A., & Beaucamp, A. (2020). Study on removal mechanism at the tool rotational center in bonnet polishing of glass. *Wear*, 454–455.
- Kadivar, M., & Azarhoushang, B. (2021). Kinematics and material removal mechanisms of loose abrasive machining. In *Tribology and fundamentals of abrasive machining processes* (3rd ed., pp. 507–536).
- Mediratta, R., Ahluwalia, K., & Yeo, S. H. (2016). State-of-the-art on vibratory finishing in the aviation industry: An industrial and academic perspective. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85, 415–429.
- Niknam, S. A., & Songmene, V. (2013). Deburring and edge finishing of aluminum alloys: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 32(2), 273–286.
- Yamaguchi, H., & Shinmura, T. (2004). Study on vibratory finishing using magnetic abrasive particles. *Journal of Materials Processing Technology*, 149(1–3), 287–291.
- Zhang, P., Guo, X., Guan, Z., & Shan, S. (2011). Research on vibration grinding deburring and finishing process. *Advanced Materials Research*, 230–232, 544–548.