

Perancangan Konsep Mesin Pemindah Cetakan Plastik untuk Laboratorium Perkakas Pencetakan Injeksi Plastik

Ade Ramdhan¹

¹ Politeknik Manufaktur Bandung, Bandung, ade_r@polman-bandung.ac.id

Submisi: 9 februari 2023; Penerimaan: 8 Juni 2024

ABSTRAK

Sebuah Laboratorium Perkakas Pencetakan Injeksi Plastik membutuhkan sebuah mesin pemindah cetakan injeksi untuk membantu mahasiswa dan pranata laboratorium Pendidikan dalam kegiatan praktik pencetakan injeksi plastik. Sebelum dibuat, mesin pemindah ini akan dirancang terlebih dahulu dengan mengikuti metodologi perancangan mesin. Penelitian ini adalah tahap pertama dari alur metodologi tersebut yaitu perancangan konsep. Perancangan konsep meliputi identifikasi masalah, analisis struktur fungsi mesin utama dan sub-fungsi mesin, pencarian alternatif konsep kerja sub-fungsi mesin, pemilihan konsep kerja terbaik dan evaluasi konsep kerja. Dari penelitian ini didapatkan sebuah konsep yang nantinya akan dikembangkan menjadi sebuah rancangan konstruksi mesin yang lebih rinci.

Kata kunci: mesin pemindah; perancangan konsep; alternatif solusi.

LATAR BELAKANG

Salah satu proses pembuatan produk masal berbahan dasar plastik adalah dengan proses injeksi. Proses ini bekerja dengan bantuan sebuah mesin yang disebut mesin injeksi plastik. Didalam mesin ini terdapat sebuah cetakan yang mempunyai rongga cetak. Cetakan ini disebut cetakan injeksi plastik. Cetakan bisa dilepas pasang dan dibuat terpisah dari mesin agar bisa dibuat menyesuaikan dengan bentuk produk plastik yang ingin dicetak. Cetakan terdiri dari susunan beberapa pelat dengan rongga cetak dibagian tengahnya. Cetakan dirakit diluar mesin, kemudian dipasang pada mesin injeksi plastik. Cetakan umumnya berbobot sangat berat karena terbuat dari baja perkakas. Satu set cetakan kecil bisa berbobot lebih dari 60 kg.

Sebuah perguruan tinggi memiliki sebuah laboratorium khusus untuk praktik mahasiswa diploma dan sarjana terapan

belajar merakit cetakan injeksi plastik dan mengujicoba cetakan tersebut di mesin injeksi plastik. Praktik ini sangat berguna bagi mereka dalam memberikan pengalaman nyata dan mengasah keterampilan mereka. Laboratorium ini diberi nama Laboratorium Perkakas Pencetakan Injeksi Plastik.

Laboratorium Perkakas Pencetakan Injeksi Plastik berisi mesin injeksi, cetakan injeksi plastik, meja perakitan, laci alat dan alat-alat penunjang lainnya. Dikarenakan satu set cetakan injeksi plastik bisa lebih dari 60 kg, maka dibutuhkan satu mesin pemindah yang dapat membantu kerja mahasiswa saat praktik di laboratorium tersebut. Mesin pemindah tersebut akan berfungsi untuk membantu dalam mengangkat komponen, memindahkan komponen, merakit komponen, ataupun memasang dan melepas cetakan didalam mesin injeksi plastik.

Sebelum dibuat, mesin pemindah harus dirancang terlebih dahulu. Proses perancangan mesin pemindah melalui beberapa tahapan yaitu: tahapan perancangan konsep, perancangan konstruksi, analisa kekuatan komponen, pendetilan konstruksi, pembuatan prototipe, pengujian protipe, penyempurnaan rancangan dan akhirnya tahapan pembuatan mesin. Penelitian ini adalah tahapan pertama, yaitu tahapan perancangan konsep dimana hasil yang diharapkan adalah sebuah konsep rancangan mesin pemindah untuk membantu praktik pencetakan injeksi plastik di salah satu Laboratorium Perkakas Pencetakan Injeksi Plastik.

Rancangan hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh laboratorium perguruan tinggi lain, laboratorium sekolah menengah kejuruan ataupun usaha kecil di perumahan yang bergerak di bidang pencetakan injeksi plastik. Diharapkan mesin pemindah yang dihasilkan dari rangkaian penelitian ini menjadi produk standar buatan Indonesia yang bisa dibuat dan dirakit oleh pranata laboratorium bidang teknik mesin se-Indonesia.

METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode generatif dimana data-data permasalahan akan diambil melalui observasi dan wawancara lalu akan dicari solusinya secara sistematis. Pencarian konsep kerja solusi menggunakan pendekatan salah satu metode perancangan yang ditulis oleh Pahl (Pahl et al, 2017). Berikut ini tahapan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Identifikasi masalah
2. Analisis struktur fungsi mesin utama dan sub-fungsi mesin
3. Pencarian alternatif konsep kerja sub-fungsi mesin

4. pemilihan konsep kerja terbaik
5. Evaluasi konsep kerja mesin terpilih

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metodologi perancangan yang digunakan, berikut ini ringkasan pembahasan setiap tahapan beserta hasilnya dalam penelitian ini.

Identifikasi masalah

Tahap pertama adalah identifikasi masalah. Tahap pertama ini dibagi menjadi 3 langkah yaitu: a) observasi lapangan, b) wawancara dengan operator, dan c) perumusan daftar tuntutan.

Observasi lapangan

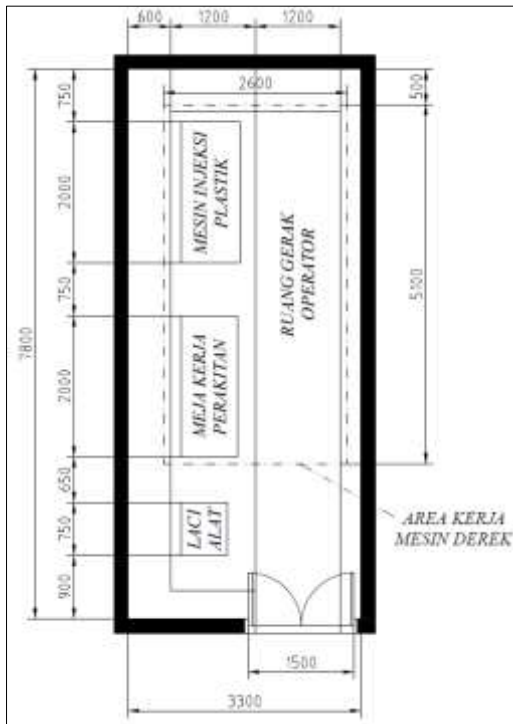
Langkah pertama adalah observasi lapangan langsung di Laboratorium Perkakas Pencetakan Injeksi Plastik. Beberapa data yang didapat adalah sebagai berikut:

- a) Ukuran sarana dan prasarana utama
Terdapat 3 jenis sarana dan prasarana utama yaitu mesin injeksi plastik, meja perakitan dan laci alat. Spesifikasi sarana dan prasarana utama dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi sarana dan prasarana utama

No.	Nama Sarana dan Prasarana Utama	Spesifikasi
1	Mesin Injeksi Plastik	Dimensi terluar (P x L x T): 2500 mm x 870 mm x 1525 mm Berat 1500 kg
2	Meja Perakitan	Dimensi terluar (P x L x T): 2000 mm x 800 mm x 800 mm
3	Laci Alat	Dimensi terluar (P x L x T): 750 mm x 650 mm x 1000 mm

- b) Tata letak ruangan Laboratorium Perkakas Pencetakan Injeksi Plastik dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tata letak ruangan laboratorium

Pintu yang tersedia adalah pintu ganda yang berukuran lebar 1,5 m dan tinggi 2 m. Kondisi tersebut mengharuskan mesin pemindah harus bisa masuk melalui pintu tersebut. Jika ukuran mesin pemindah lebih besar dari ukuran pintu tersebut maka mesin tersebut harus dirancang modular sehingga bisa dilepas-pasang menjadi beberapa bagian yang bisa dibawa masuk ke dalam laboratorium kemudian dirakit di dalam laboratorium.

c) Variasi ukuran cetakan

Terdapat 3 variasi ukuran cetakan, 2 varian diantaranya adalah cetakan yang digunakan saat praktik mahasiswa dan 1 varian data ukuran cetakan maksimal yang dapat dipasang pada mesin berdasarkan data spesifikasi mesin. Variasi ukuran cetakan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Variasi ukuran cetakan

No.	Nama Varian	Ukuran	Berat
1	Cetakan 1 - Produk tutup Kotak	250 mm x 200 mm x 220 mm	72 kg
2	Cetakan 2 - Produk tutup silinder	200 mm x 200 mm x 260 mm	82 kg
3	Cetakan 3 - Ukuran Cetakan Maksimum mesin	250 mm x 200 mm x 260 mm	103 kg

Wawancara dengan operator

Langkah kedua adalah dengan melakukan wawancara kepada mahasiswa dan pranata laboratorium yang terlibat. Wawancara ini berfungsi untuk mendalami langkah kerja praktik dari sisi pengalaman mahasiswa atau pranata laboratorium pendidikan yang terlibat. Berikut ini langkah kerja praktik pencetakan injeksi plastik:

1. Mahasiswa merakit cetakan plastik bagian depan dengan bagian belakang pada posisi vertikal
2. Mahasiswa melakukan pemeriksaan ketepatan pertemuan antara cetakan bagian depan dan bagian belakang dengan cara merubah posisi cetakan menjadi horizontal
3. Mahasiswa merubah posisi cetakan menjadi vertikal kembali
4. Mahasiswa mengikat cetakan kawat untuk menghindari cetakan terbuka saat diangkat
5. Mahasiswa memindahkan cetakan ke dalam mesin injeksi. Untuk menghindari hentakan maka kecepatan angkat/turun: harus bisa 1 mm/s, kecepatan geser harus bisa 1 mm/s
6. Mahasiswa mencekam cetakan di mesin injeksi dengan klem
7. Mahasiswa mengatur posisi pengecaman sesuai ketinggian cetakan

8. Mahasiswa mengatur temperature extruder, melakukan purging, memposisikan nozzle, mengatur waktu pendinginan cetakan, mengatur waktu eaksi
9. Mahasiswa menjalankan mesin injeksi 1 kali sampai produk tercetak penuh dan tidak ada cacat
10. Mahasiswa menjalankan mesin injeksi secara terus menerus selama 10 menit beberapa kali sampai semua produk tercetak penuh dan tidak ada cacat
11. Praktikum berhasil, mahasiswa menghentikan mesin dengan posisi cetakan tertutup
12. Mahasiswa mengikat cetakan dengan kawat
13. Mahasiswa mengkait cetakan ke mesin derek
14. Mahasiswa melepas klem
15. Mahasiswa membuka pencekaman mesin secara perlahan
16. Mahasiswa mengeluarkan cetakan dari dalam mesin injeksi dan meletakkan kembali ke meja perakitan
17. Mahasiswa melepas ikatan kawat baja
18. Mahasiswa membuka cetakan bagian depan dan bagian belakang
19. Mahasiswa menempatkan kembali cetakan pada tempatnya
20. Mahasiswa membersihkan bagian dalam cetakan dan melapisi bagian rongga cetak dengan anti karat

Selain langkah diatas, ada beberapa perihal keselamatan yang harus menjadi catatan khusus. Perihal keselamatan tersebut adalah:

1. Saat menggeser mesin derek, jangan sampai kait berbenturan dengan operator ataupun obyek lain
2. Saat menurunkan kait, menurunkan beban, mengangkat beban, jangan sampai kait dan beban berbenturan dengan operator ataupun obyek lain

3. Saat menaikkan beban dan menurunkan beban secara perlahan, jangan sampai terjadi hentakan

Perumusan daftar tuntutan

Langkah ketiga adalah perumusan daftar tuntutan. Daftar tuntutan ini dirumuskan oleh peneliti dengan memperhatikan hasil observasi lapangan dan wawancara. Rumusan daftar tuntutan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rumusan daftar tuntutan

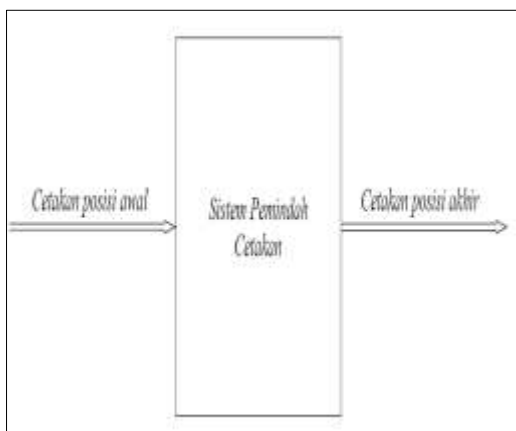
No.	Tuntutan	Spesifikasi konsep rancangan
1	Area kerja mesin derek (P x L x T)	5,1 m x 2,6 m x 2 m
2	Dimensi terluar mesin derek derek (P x L x T)	6 m x 3 m x 2,7 m
3	Ukuran bagian mesin pemindah maksimal agar bisa masuk ke dalam laboratorium (ekstrusi)	1,5 m x 2 m
4	Kemampuan angkat mesin derek	125 kg
5	Kecepatan angkat/turun	1 mm/s s.d. 300 mm/s
6	Kecepatan geser	1 mm/s s.d. 300 mm/s
		3 fitur keselamatan yaitu:
		1. Ada sensor pendeteksi benturan bagian sisi kait
7	Fitur keselamatan	2. Ada sensor pendeteksi benturan bagian atas dan bawah beban
		3. Ada mekanisme anti-ayun

Analisis struktur fungsi mesin utama dan sub-fungsi mesin

Pada tahap ini dilakukan analisis struktur fungsi mesin utama. Dari hasil

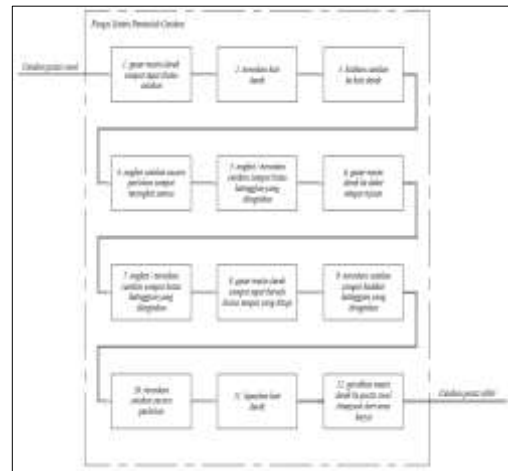
wawancara dengan operator bisa disimpulkan bahwa dibutuhkan satu sistem utama yaitu sistem mesin pemindah untuk membantu proses perakitan cetakan, pemeriksaan ketepatan pertemuan cetakan, merubah posisi cetakan, memindahkan cetakan kedalam mesin injeksi, pencekaman cetakan di mesin injeksi, mengeluarkan cetakan dari dalam mesin injeksi, meletakkan cetakan ke meja perakitan, membuka cetakan, menempatkan cetakan kembali ketempatnya.

Dari penelaahan maka dimodelkan sebuah diagram blok yang dapat menggambarkan langkah-langkah tersebut. Diagram blok ini menunjukkan bagaimana aliran energi, material dan sinyal yang terjadi selama proses penggunaan mesin derek dan bisa dilihat pada gambar 2.



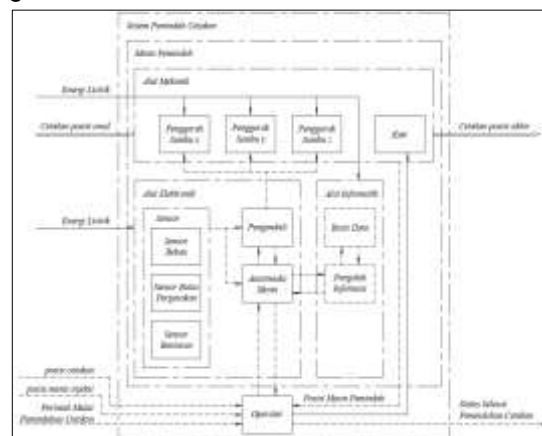
Gambar 2. Diagram blok sistem pemindah cetakan

Jika sistem tersebut diurai menjadi fungsi-fungsi yang berurutann, maka didapatkan diagram fungsi sebagai yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram fungsi sistem pemindah cetakan

Diagram fungsi tersebut kemudian dipelajari lebih lanjut dan diubah menjadi diagram struktur fungsi. Diagram struktur fungsi adalah diagram yang menunjukkan struktur apa saja yang mesin perlukan untuk menjawab semua fungsi yang dibutuhkan. Dengan memperhatikan struktur kerja alat penanganan material yang ditulis oleh Böge (Böge A. et al, 2015), maka struktur fungsi sistem pemindahan cetakan dapat dirinci lebih dalam lagi seperti yang terlihat pada gambar 4.












Gambar 4. Diagram struktur fungsi mesin pemindah

Pencarian alternatif konsep kerja sub-struktur mesin









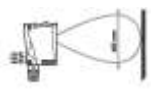


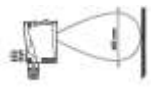
Pada diagram struktur fungsi, terdapat sub-struktur mesin yang dapat dicari alternatif solusinya. Pencarian alternatif solusi dilakukan penulis dengan melihat banyak pustaka. Alternatif solusi sub-

struktur alat mekanik dapat dilihat pada tabel 4. Alternatif solusi sub-struktur alat elektronik dapat dilihat pada tabel 5. Alternatif solusi sub-struktur alat elektronik non-sensor dapat dilihat pada tabel 6.

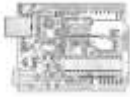

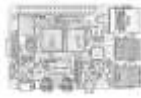



Tabel 4. Alternatif solusi sub-struktur alat mekanik

No.	Sub-sub-struktur	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1	Penggerak Sumbu x			
2	Penggerak Sumbu y	<i>Portal Crane with Double Legs (Konecranes, 2018, The Redesigned CXT Gantry Crane)</i>	<i>Overhead Crane (Konecranes, 2018, Industrial Cranes)</i>	<i>Mini Crane (Flex Lifting, 2021)</i>
3	Penggerak Sumbu z			
		<i>Manual Chain Hoist (Konecranes, 2021, Workstation Lifting System)</i>	<i>Electric Chain Hoist (Konecranes, 2017, Electric Chain Hoists)</i>	<i>Air Balancer (Konecranes, 2021, Workstation Lifting System)</i>
4	Kait			
		<i>Eye hook (Toyo, 2021)</i>	<i>Clevis hook (Toyo, 2021)</i>	<i>Swivel Hook (Toyo, 2021)</i>

Tabel 5. Alternatif solusi sub-struktur sensor

No.	Sub-sub-struktur	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1	Sensor Beban	 <i>Mechanical Weight Scale Crane (Mechanical Crane Scale 200 kg, 2023)</i>	 <i>Digital Weight Scale (Toyo, 2021)</i>	 <i>Load cell wireless (Rice Lake Weighing Systems, 2021)</i>
2	Sensor batas pergerakan sumbu x dan y	 <i>Non-Sliding Crane Stops Bumper Contact Type (Aldon, 2019)</i>	 <i>Lever Operated Limit Switches (Anand, 2015)</i>	 <i>Rotary Movement Limit Switches (Schneider Electric, 2020, Limit Switches XC Special Range)</i>
	Sensor batas pergerakan sumbu z	 <i>Anti Two Block Sensor (Trimble, 2019)</i>	 <i>Linear Movement Limit Switch (Schneider Electric, 2020, Limit Switches XC Special Range)</i>	 <i>Photoelectric Sensor (Schneider Electric, 2014, Photo-electric sensors OsiSense XU)</i>
3	Sensor benturan arah x, y, z	 <i>Ultrasonic sensor (Schneider Electric, 2022, Ultrasonic Sensors XX Range)</i>	 <i>Electromagnetic sensor (Schneider Electric, 2022, Capacitive Proximity XT Range)</i>	 <i>Photoelectric Sensor (Schneider Electric, 2014, Photo-electric sensors OsiSense XU)</i>

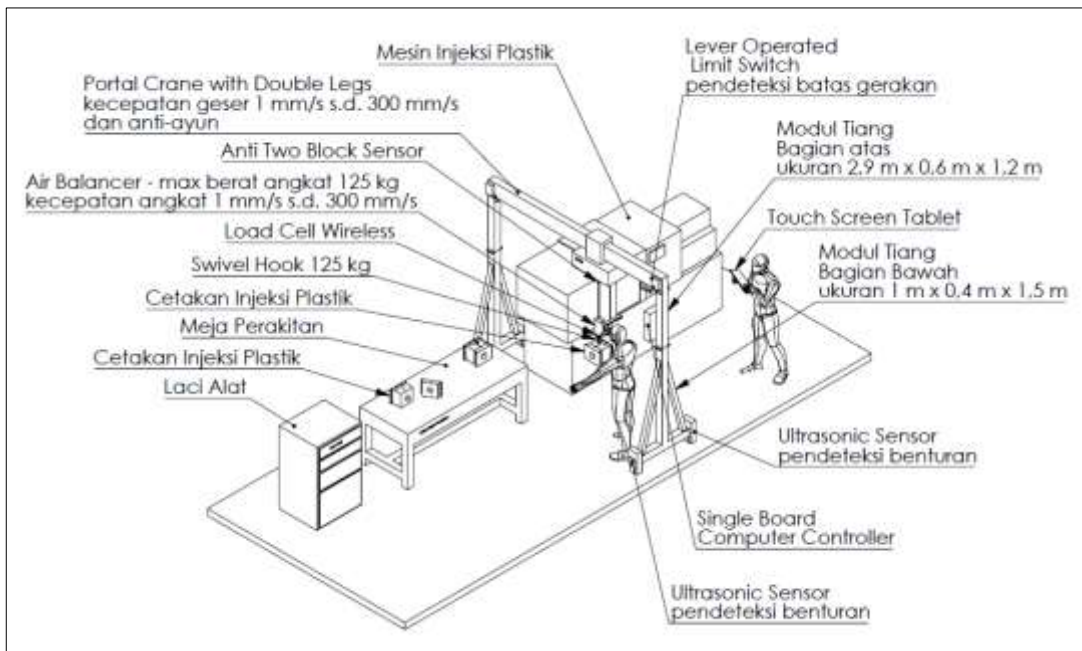
Tabel 6. Alternatif solusi sub-struktur alat elektronik non-sensor

No.	Sub-sub-struktur	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1	Pengendali	 Arduino (Arduino S.r.l., 2023)	 Programmabel Logic Controller (OMRON Corporation, 2022)	 Single Board Computer (Raspberry Pi, 2021)
2	Antar muka	 Pendant Control Station with Push Button (JIGO, 2018)	 Pendant Control with Hand wheel Pulse (Euchner, 2019)	 Touch Screen Tablet (Samsung, 2022)

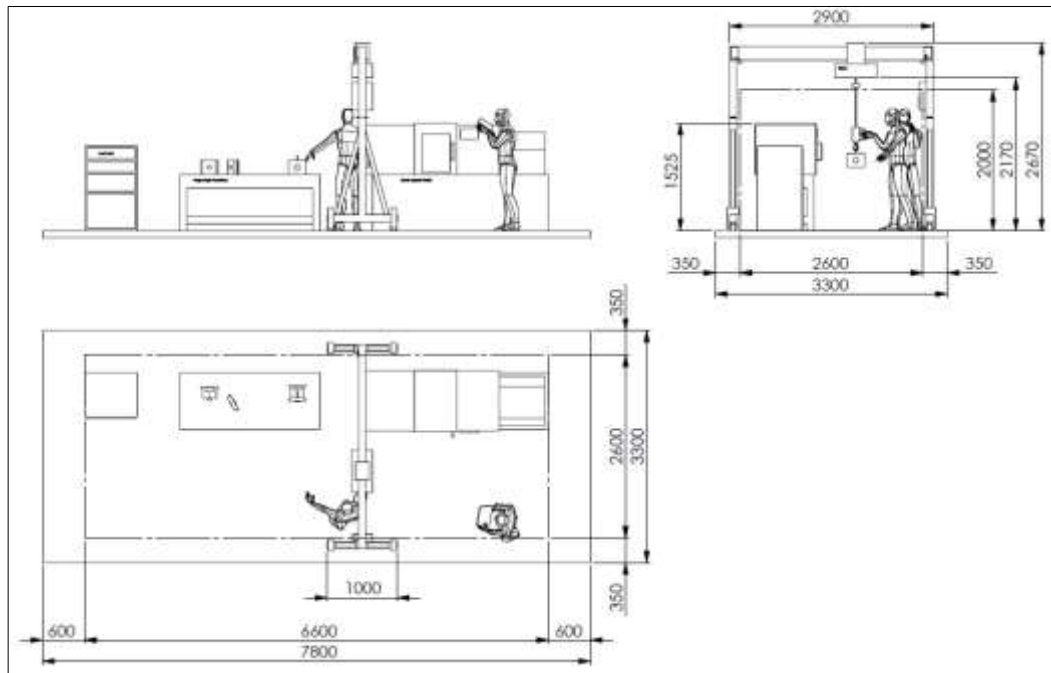
Pemilihan konsep kerja terbaik

Setelah dilakukan pemilihan beberapa gabungan variasi konsep maka terpilih sebuah konsep terbaik dengan

beberapa keuntungan yang akan didapatkan. Konsep terpilih dapat dilihat pada gambar 5 dan detail ukurannya dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 5. Konsep rancangan terpilih



Gambar 6. Konsep rancangan terpilih dengan dimensi

Evaluasi konsep kerja mesin

Hasil konsep terpilih akhirnya dievaluasi untuk melihat kesesuaian

konsep dengan pemenuhan tuntutan rancangan. Tabel 6 memuat daftar evaluasi konsep terpilih terhadap daftar tuntutan.

Tabel 6. Daftar evaluasi konsep rancangan terpilih

No.	Tuntutan	Spesifikasi konsep rancangan	Pemenuhan daftar tuntutan
1	Area kerja mesin derek (P x L x T)	6,6 m x 2,6 m x 2 m	Ya
2	Dimensi terluar mesin derek derek (P x L x T)	1,2 m x 2,9 m x 2,7 m	Ya
3	Ukuran bagian mesin pemindah maksimal agar bisa masuk ke dalam laboratorium (ekstrusi)	1 m x 1,5 m	Ya
4	Kemampuan angkat mesin derek	125 kg	Ya
5	Kecepatan angkat/turun	1 mm/s s.d. 300 mm/s	Ya
6	Kecepatan geser	1 mm/s s.d. 300 mm/s	Ya
7	Fitur keselamatan	Ada sensor keselamatan	Ya

KESIMPULAN

Setelah melalui tahapan perancangan konsep didapatkan sebuah konsep rancangan mesin pemindah yang memenuhi semua daftar tuntutan. Konsep rancangan ini dapat dijadikan acuan dalam tahapan berikutnya yaitu tahapan perancangan konstruksi dimana rancangan akan lebih rinci dengan pertimbangan kemampuan manufaktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Pahl G. et al, 2007, *Engineering Design 3rd edition*, Springer London.
- Böge A. et al, 2015, *Handbuch Maschinenbau 22nd edition*, Springer Vieweg,
- Konecranes, 2018, *The Redesigned CXT Gantry Crane (Brochure)*, Konecranes Oyj
- Konecranes, 2018, *Industrial Cranes (Brochure)*, Konecranes Oyj
- Flex Lifting, 2021, *Catalogue of Counterbalanced 360 degree Swivel Cranes*, Flex Lifting Italy, diunduh dari www.flexlifting.com pada 30 Jan 2023
- Konecranes, 2021, *Workstation Lifting System (Brochure)*, Konecranes Oyj
- Konecranes, 2017, *Electric Chain Hoists (Catalogue)*, Konecranes Oyj
- Toyo, 2021, *Toyo Lifting (Catalogue)*, Toyo Lifting Machine Manufacture
- Mechanical Crane Scale 200 kg*, 2023, <https://www.vetek.com/mechanical-hanging-scale-200kg-1k-m-200kg-en/article> diakses pada 31 januari 2023
- Rice Lake Weighing Systems*, 2021, *MSI Overhead Weighing Product Guide*, Palmetto Precision Engineering & Scales, 2021
- Aldon, 2019, *Instructions for Installing Non-Sliding Crane Stops*, Aldon Company Inc. 2019
- Anand, 2015, *Limit Switches for Cranes Catalogue*, Anand System Engineering PVT.LTD.
- Schneider Electric, 2020, *Limit Switches XC Special Range (Catalogue)*, Schneider Electric Industries SAS
- Trimble, 2019, *Trimble Brochure and Catalogue*, A2B System, Wireless & Cable based Anti-Two-Block Monitoring and Indication, Trimble Heavy Industries, Trimble Inc.
- Schneider Electric, 2014, *Photo-electric sensors OsiSense XU (Catalogue)*, Schneider Electric Industries SAS
- Schneider Electric, 2022, *Ultrasonic Sensors XX Range (Catalogue)*, Schneider Electric Industries SAS
- Schneider Electric, 2022, *Capacitive Proximity XT Range (Catalogue)*, Schneider Electric Industries SAS
- Arduino S.r.l., 2023, Arduino UNO R3, Arduino S.r.l
- OMRON Corporation, 2022, Omron CP1E Programmable Controller Catalogue, Omron Corporation Industrial Automation Company
- Raspberry Pi, 2021, Raspberry Pi 4 Computer Model B Datasheet, 2021, Raspberry Pi Trading Ltd.
- JIGO, 2018, *Panel Accessories (Catalogue)*, Hirawat Electricals
- Euchner, 2019, *Hand-held Pendant Station / Handwheels*, Euchner GmbH + Co. KG
- Samsung, 2022, *Galaxy Tab A8 Mobile Productivity for All Brochure*, Samsung Electronics America, Inc.