

Pengembangan Konsep Landasan Robot Beroda *Omnidirection* Pemindah Barang Berbahan Extrusi Profil Aluminium

Ade Ramdan¹, Reka Ardi Prayoga¹, Nur Jamiludin Ramadhan², Irham Subekti³, Rifania Anjani³

¹ Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur Politeknik Manufaktur Bandung

² Jurusan Teknik Otomasi dan Mekatronika Politeknik Manufaktur Bandung

³ Mahasiswa Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur Politeknik Manufaktur Bandung

Email: ade_r@polman-bandung.ac.id

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<i>Received:</i> 28 Februari 2024	Penelitian ini mengkaji bagaimana pengembangan konsep dilakukan untuk merancang sebuah landasan robot beroda <i>omnidirection</i> berbahan ekstrusi profil aluminium yang digunakan untuk pemindah barang. Perancangan konsep melalui serangkaian tahapan yaitu: mengidentifikasi permasalahan, menentukan struktur fungsi, mencari alternatif solusi, membangun variasi konsep, menilai variasi konsep dan menentukan konsep terpilih. Setelah melalui kesemua tahapan tersebut didapatkan kesimpulan bahwa sebuah landasan robot omnidirection dapat dibagi menjadi 2 sub fungsi yaitu: rangka landasan dan pengubah energi listrik. Kedua sub fungsi tersebut memiliki 6 parameter yang dapat divariasikan, yaitu: ragam bentuk rangka, jenis material rangka, jenis bentuk batang rangka, jenis sambungan rangka, jenis roda, jenis motor. Setiap parameter dapat dicari alternatif solusinya, dikombinasikan dan dinilai sehingga mendapatkan sebuah variasi konsep terpilih yang memenuhi daftar tuntutan.
<i>Accepted:</i> 01 Oktober 2024	
<i>Available:</i> 15 November 2024	
Kata Kunci:	ABSTRACT
Perancangan konsep Robot beroda Omnidirection	<i>This research examines how concept development was carried out to design an omnidirectional wheeled robot base made from extruded aluminum profiles used for moving goods. Concept design goes through a series of stages, that is: identifying problems, determining the function structure, looking for alternative solutions, building concept variations, assessing concept variations and determining the selected concept. After going through all these stages, it was concluded that an omnidirectional robot base can be divided into 2 sub-functions, namely: base frame and electrical energy converter. These two sub-functions have 6 parameters that can be varied, such as: various frame shapes, type of frame material, type of frame bar shape, type of frame connection, type of wheel, type of motor. Alternative solutions can be sought for each parameter, combined and assessed to obtain a variation of the selected concept that meets the list of requirements.</i>

1 PENDAHULUAN

Peran penggunaan robot dalam jasa pelayanan terus naik. Penggunaan robot ini akan terus naik dikarenakan tujuannya adalah untuk memenuhi kebutuhan sosial manusia. Menurut Sotnik [1], ada 6 bidang penggunaan robot dalam jasa pelayanan terbanyak, yaitu: hubungan masyarakat, pertahanan dan keamanan, pertanian, konstruksi, kesehatan dan obat-obatan, serta logistik. Salah satu jenis robot yang dikembangkan dalam bidang logistik adalah jenis robot beroda dengan arah gerak ke segala arah (omni direction) yang diperuntukkan untuk memindahkan material. Salah satu contoh robot ini adalah robot Kiva milik perusahaan Amazon.com, sebuah perusahaan e-niaga terkemuka di Amerika Serikat. Foto robot kiva dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. Robot Kiva di dalam gudang perusahaan Amazon.com ¹

Robot omni direction ini adalah salah satu bentuk robot yang dapat dijadikan objek pembelajaran di dunia pendidikan. Bagaimana robot dirancang, dibuat, dan dikendalikan merupakan hal yang menarik untuk dikembangkan oleh para mahasiswa. Tentu saja pengembangannya akan menarik dunia industri untuk menerapkannya di gudang-gudang mereka.

Proses perancangan robot dapat didekati dengan mengikuti metodologi perancangan produk. Menurut Ulrich [2], proses perancangan produk meliputi 6 tahapan, yaitu: perencanaan; pengembangan konsep; perancangan sistem; perancangan detail; pengujian dan penyempurnaan; persiapan produksi.

Tahapan perencanaan dilakukan melalui beberapa cara, diantaranya adalah: melihat perkembangan robot pemindah barang yang ada di industri, melihat perkembangan kontes robot dunia, wawancara dengan beberapa mahasiswa anggota tim robotik salah satu perguruan tinggi, observasi lapangan ke bengkel pembuatan robot milik tim robotik tersebut, dan studi literatur peraturan kontes robotik mahasiswa tingkat dunia tiga tahun terakhir² (tahun 2020, 2022 dan 2023). Dari tahapan ini didapatkan fakta bahwa komponen utama robot yang harus di rancang pertama kali adalah bagian landasan. Landasan robot yang dirancang diharapkan dapat digunakan untuk pengembangan robot selanjutnya. Dari tahapan ini juga dapat disimpulkan beberapa tuntutan yang memiliki kesamaan antara robot

¹ <https://medium.datadriveninvestor.com/robots-in-the-industry-9f69cfe52f40>

² <https://kontesrobotindonesia.id/index.html>

yang dibutuhkan oleh industri dan yang dijadikan tema lomba robot dunia, yaitu landasan robot yang digunakan sebagai pemindah barang.

Tahapan berikutnya adalah tahapan pengembangan konsep. Tahapan inilah yang dibahas pada penelitian ini. Penelitian ini membahas bagaimana alur kerja pengembangan konsep landasan robot pemindah barang yang dapat memenuhi tuntutan industri dan juga sesuai dengan tuntutan peraturan kontes robot tiga tahun terakhir.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Ada dua macam tahapan pengembangan konsep yang diadopsi oleh penelitian ini. Yang pertama adalah tahapan pengembangan konsep yang dibahas oleh Ulrich [2] dan tahapan perancangan konsep yang dibahas oleh Pahl [3]. Metodologi penelitian ini mengikuti alur kerja seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur kerja penelitian

Penjelasan tahapan proses penelitian sesuai alur kerja metodologi dijelaskan dibawah ini.

2.1 Mengidentifikasi permasalahan

Tahapan ini dimulai dengan mempelajari apa fungsi utama landasan robot. Fungsi utama ini dapat ditentukan setelah melakukan beberapa hal, yaitu:

1. observasi lapangan. Observasi lapangan dilakukan di salah satu bengkel pembuatan robot milik tim robotik salah satu perguruan tinggi di Indonesia.
2. melihat video-video konstruksi robot. Video-video tersebut antara lain:
 - a. kanal youtube: ROBOTIQUE et MATHÉMATIQUES - 6ème, video: Robots Kiva : Amazon³
 - b. kanal youtube: Milvus Robotics, video: Autonomous Mobile Robots (AMRs) in Action⁴
 - c. kanal youtube: NEURA Robotics, video: MAV Product Video Extended Version - Autonomous Mobile Robot AMR showcase⁵
 - d. kanal youtube: Business Insider, video: Inside Alibaba's smart warehouse staffed by robots⁶
 - e. kanal youtube: Quicktron Robotics, video: Winit X Quicktron | World's largest Automated Bin-to-person Warehouse⁷
 - f. Kanal youtube: ROBOCON Official [robot contest]⁸
 - g. kanal youtube: Generative Robotics⁹
 - h. kanal youtube: CYBER MEN¹⁰
 - i. kanal youtube: Đức Dương¹¹
 - j. kanal youtube: Robocon For You¹²
 - k. kanal youtube: ABU Robocon pro¹³
3. mempelajari buku referensi dan jurnal, yaitu:
 - a. pengaturan roda omni untuk robot beroda [4]
 - b. sistem mekanik untuk robot beroda [5]
 - c. jenis roda omni untuk robot beroda dan aplikasi praktisnya [6]
 - d. sistem pemasangan motor dan roda omni dengan rangka segitiga [7]
4. membayangkan bagaimana cara kerja landasan robot tipe yang lain bekerja.

Dari observasi lapangan dan melihat video-video di internet, maka didapatkan kesimpulan bahwa fungsi utama dari landasan robot ini adalah menggeser robot beserta beban barang yang diangkutnya.

Setelah fungsi utama disimpulkan, tahapan berikutnya adalah menyusun daftar tuntutan yang diperoleh dari tahapan perencanaan. Tuntutan sebaiknya diklasifikasikan sesuai klasifikasi tuntutan seperti: geometri, kinematika, gaya, energi, material, sinyal, keselamatan, ergonomi, produksi, perakitan, pengiriman, pengoperasian, perawatan, biaya, dan jadwal [3]. Tuntutan tersebut juga dikelompokkan menjadi dua jenis tuntutan yaitu tuntutan primer dan tuntutan sekunder. Tuntutan primer adalah tuntutan yang harus dipenuhi sedangkan tuntutan sekunder adalah tuntutan yang jika dipenuhi akan memberikan nilai tambah.

³ <https://www.youtube.com/watch?v=ULswQgd73Tc>

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=M0fL5Q6rGws>

⁵ https://www.youtube.com/watch?v=_5GkeGn_I34

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=FBI4Y55V2Z4>

⁷ https://www.youtube.com/watch?v=n37K_9Vi9L4

⁸ <https://www.youtube.com/@ROBOCON-Official/videos>

⁹ <https://www.youtube.com/@GenerativeRobotics/videos>

¹⁰ <https://www.youtube.com/@cybermen15/videos>

¹¹ <https://www.youtube.com/@lidd2701/videos>

¹² <https://www.youtube.com/@roboconforyou9022/videos>

¹³ <https://www.youtube.com/@aburoboconpro5851/videos>

Dalam proses pengklasifikasian tuntutan, ada 3 hal yang harus diperhatikan, yaitu:

- 1) Hilangkan preferensi personal, lakukan penilaian secara obyektif.
- 2) Hilangkan tuntutan yang tidak berkaitan langsung dengan fungsi utama
- 3) Transformasikan semua bentuk data kualitatif menjadi data kuantitatif

Berdasarkan pengklasifikasian tersebut maka didapatkan tuntutan-tuntutan dengan keterangan spesifikasi dan jenisnya seperti yang terlihat pada Tabel 1.

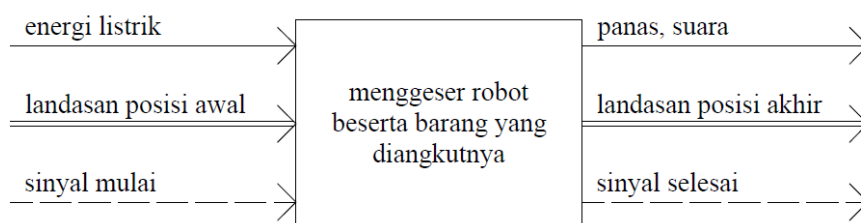
Tabel 1. Daftar tuntutan

No.	Nama Tuntutan	Spesifikasi	Jenis
1	Geometri: lebar landasan	maksimum 600 mm	Primer
2	Geometri: panjang landasan	maksimum 600 mm	Primer
3	Geometri: tinggi landasan	maksimum 200 mm	Primer
4	Kinematik: kecepatan gerak translasi	minimal 1 m/s	Primer
5	Beban: kapasitas angkut	minimal 40 kg	Primer
6	Bobot: berat landasan	maksimal 10 kg	Primer
7	Produksi: proses pembuatan	dapat dikerjakan di bengkel robotik (dengan mesin bubut, frais, bor, pemotongan dengan laser, gerinda tangan)	Sekunder
8	Perakitan: kemudahan proses perakitan	mudah dilepas-pasang (menggunakan obeng, kunci L, kunci pas)	Sekunder

2.2 Menentukan Struktur Fungsi

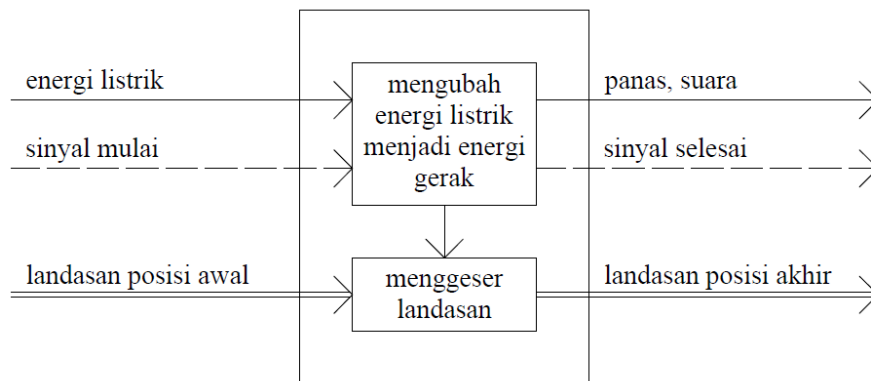
Tahapan kedua adalah menentukan struktur fungsi. Cara termudah untuk menentukan struktur fungsi adalah dengan cara melakukan observasi lapangan, melihat video-video, mempelajari buku referensi atau karya ilmiah, atau membayangkan bagaimana cara kerja landasan robot tipe yang lain bekerja memenuhi fungsi utama. Struktur fungsi diGambarkan dengan diagram blok yang mengGambarkan bagaimana masukan, proses dan luaran terjadi dengan mempertimbangkan alur perubahan energi, material dan sinyal tersebut. Untuk memudahkan pembuatan, awalnya dibuat struktur fungsi keseluruhan (SFK), baru setelah itu dilakukan pengembangan menjadi struktur fungsi turunannya (SFT).

Fungsi utama dari landasan robot adalah menggeser robot beserta barang yang diangkutnya. Fungsi utama ini dapat diGambarkan dengan SFK seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur fungsi keseluruhan

SFK dapat dikembangkan menjadi SFT seperti pada Gambar 4.

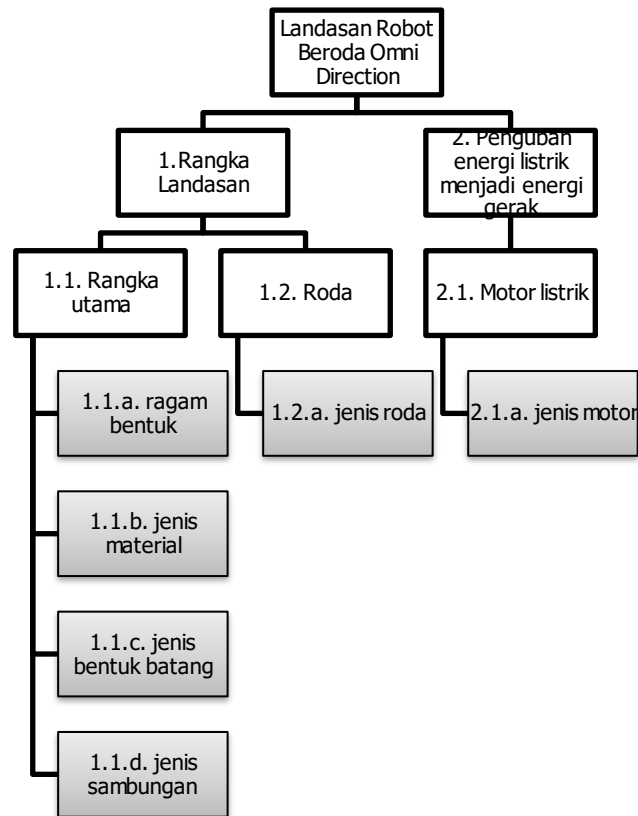


Gambar 4. Struktur fungsi turunan

Pada Gambar 4, terlihat ada 2 fungsi bagian, yaitu fungsi mengubah energi listrik menjadi energi gerak dan fungsi menggeser landasan. Fungsi menggeser landasan dapat dicapai dengan adanya struktur kerja rangka landasan, sedangkan fungsi mengubah energi listrik menjadi energi gerak dapat dicapai dengan adanya struktur kerja pengubah energi listrik menjadi energi gerak.

Struktur kerja rangka landasan terdiri dari 2 sub-bagian yaitu: rangka utama dan roda. Rangka utama memiliki 3 parameter yaitu: ragam bentuk, jenis material, dan jenis sambungan. Roda memiliki 1 parameter yaitu jenis roda. Sedangkan struktur kerja pengubah energi listrik menjadi energi gerak hanya memiliki 1 sub-bagian yaitu motor listrik. Motor listrik juga memiliki 1 parameter yaitu jenis motor.

Diagram struktur kerja dengan parameternya bisa dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur kerja

2.3 Mencari alternatif solusi

Tahapan berikutnya adalah tahapan pencarian alternatif solusi untuk semua parameter sub-bagian. Tahapan ini dilakukan dengan mempelajari solusi-solusi yang ada pada buku referensi, jurnal ilmiah, katalog produk dan paten. Tabel 2 menunjukkan alternatif solusi untuk konsep bagian.

Tabel 2. Daftar alternatif solusi konsep bagian

No.	Nama Konsep Bagian	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
1	Ragam bentuk – rangka utama - rangka landasan	Segi delapan ¹⁴ 	Segi empat ² 	Segitiga ¹⁵ 	Tangga ¹⁶ 
2	Jenis material – rangka utama – rangka	Baja Tahan Karat ¹⁷	Aluminium ⁴	Akrilik ¹⁸	Baja Karbon [4]

¹⁴ <https://www.servomagazine.com/magazine/article/a-look-at-holonomic-locomotion>

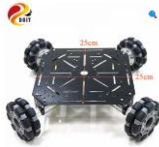
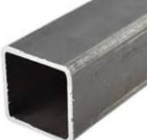
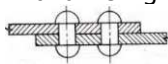
¹⁵ <https://www.superdroidrobots.com/store/product=1458>

¹⁶ <https://www.industrysearch.com.au/rotacaster-rover-dollie-with-wide-frame-omni-wheel-multi-directional/p/129649>

¹⁷ <https://www.sinoning.com/product/4wd-omni-wheels-robot-car-chassis-stain-steel-frame-with-4pcs-dc-big-power-12v-motor-for-diy-toy-car-owi-robot-competition/>

¹⁸ <https://roboticsdna.in/product/double-4wd-60mm-mecanum-wheel-acrylic-panel-intelligent-robot-car-chassis-kit/>

Pengembangan Konsep Landasan Robot Beroda Omni Direction Pemindah Barang Berbahan Extrusi Profil Aluminium

No.	Nama Konsep Bagian	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
	landasan				
3	Jenis bentuk batang – rangka utama – rangka landasan	Profil Ekstrusi 	Profil Siku 	Profil Hollow 	
4	Jenis sambungan – rangka utama – rangka landasan	Baut T Slot 	Pengelasan 	Paku Keling 	
5	Jenis roda – Roda	Omni Wheel ¹⁹ 	Mechanum Wheel ²⁰ 		
6	Jenis motor – motor listrik	Motor DC ²¹ 	Motor Stepper ²² 	Motor Servo ²³ 	

2.4 Membangun Variasi Konsep

Tahapan ini adalah tahapan dimana semua alternatif solusi dari setiap parameter dirangkai untuk menghasilkan beberapa variasi konsep terbaik. Karena banyaknya alternatif solusi yang bisa terjadi, sebaiknya pembangunan variasi konsep dibuat beberapa jenjang sehingga memperkecil jumlah varian.

Jenjang pertama dilakukan pemilihan alternatif parameter jenis motor yang digunakan. Dengan memperhatikan kelebihan dan kekurangan ketiga jenis motor seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, maka dipilih jenis motor DC.

¹⁹ <https://www.vexrobotics.com/omni-wheels.html>

²⁰ <https://my.cytron.io/p-60mm-mecanum-wheel-set-for-tt-motor>

²¹ <https://minidcmotor.com/pg45-bl4260-p00174p1.html>

²² <https://klinikrobot.com/kontrol-motor-stepper-bi-polar-menggunakan-h-bridge-l298-dan-arduino/>

²³ <https://robotics.instiperjogja.ac.id/post/servo>

Tabel 3. Daftar kelebihan dan kekurangan alternatif solusi konsep bagian jenis motor

No.	Jenis Motor	Kelebihan	Kekurangan
1	Motor DC	• Harga paling murah • Putaran tinggi	• Suara yang berisik saat beroperasi • Posisi dan pergerakan repetisinya tidak dapat di tentukan secara presisi • Memerlukan umpan balik posisi robot
2	Motor Stepper	• Posisi dan pergerakan repetisinya dapat di tentukan secara presisi • Motor dapat langsung memberhentikan torsi penuh pada saat mulai bergerak	• Suara yang berisik saat beroperasi • Tidak adanya umpan balik untuk mengetahui terjadinya selisih step
3	Motor Servo	• Tidak bergetar saat beroperasi • Daya yang di hasilkan sebanding dengan ukuran berat motor • Tidak berisik saat beroperasi dengan kecepatan tinggi	• Memerlukan pengaturan yang tepat untuk menstabilkan umpan balik • Beban berlebih dalam waktu yang lama dapat merusak motor • Harga paling mahal

Jenjang kedua dilakukan pemilihan alternatif parameter jenis material rangka utama. Dengan memperhatikan kelebihan dan kekurangan 4 alternatif jenis material seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4, maka dipilih material aluminium.

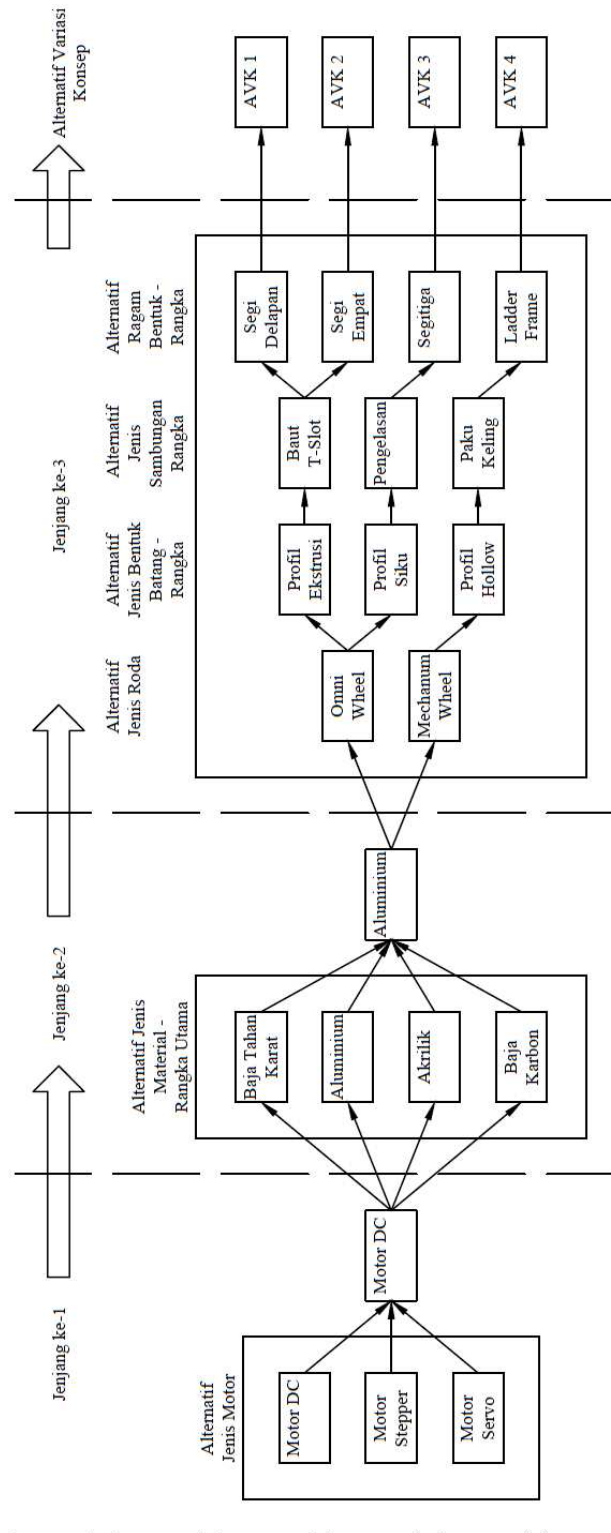
Tabel 4. Daftar kelebihan dan kekurangan alternatif solusi konsep bagian jenis material rangka utama

No.	Jenis Material Rangka Utama	Kelebihan	Kekurangan
1	Baja Tahan Karat	• Tahan korosi • Tahan panas • Higienis	• Harga mahal • Sulit fabrikasi
2	Aluminium	• Harga relatif murah • Tahan rayap • Bobot ringan	• Sambungan las kurang baik
3	Akrilik	• Harga murah • Bobot ringan • Lebih kuat dari kaca	• Tidak tahan benturan • Tidak tahan panas • Mudah kotor
4	Baja Karbon	• Kekuatan tinggi • Harga murah	• Rentan karat

Jenjang ketiga dilakukan pemilihan alternatif yang melibatkan parameter jenis roda, ragam bentuk batang rangka utama, jenis sambungan rangka utama dan jenis ragam bentuk rangka. Disini didapatkan 4 variasi konsep yang didapatkan yaitu: alternatif variasi konsep (AVK) 1, 2, 3 dan 4.

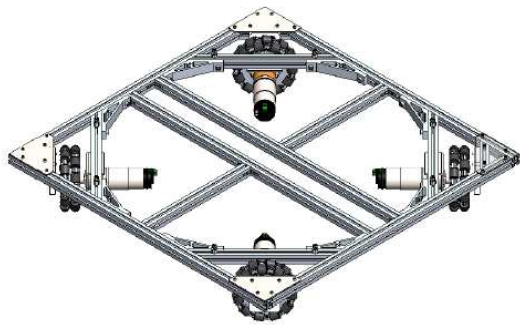
Proses pemilihan variasi konsep berjenjang dapat dilihat pada Gambar 6.

Pengembangan Konsep Landasan Robot Beroda Omni Direction Pemindah Barang Berbahan Extrusi Profil Aluminium

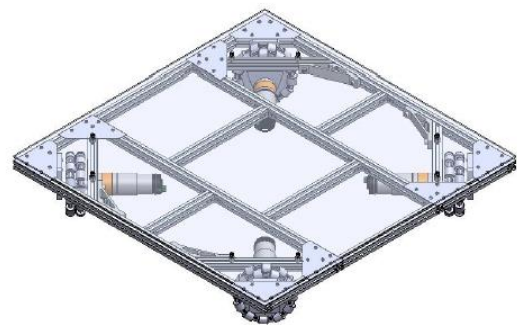


Gambar 6. Diagram proses pemilihan variasi konsep

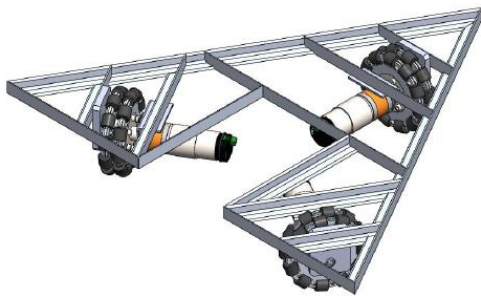
Hasil variasi konsep alternatif 1, 2, 3 dan 4 dapat dilihat pada Gambar 7.



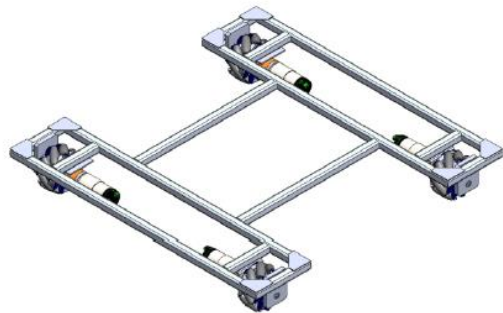
Variasi Konsep Alternatif 1



Variasi Konsep Alternatif 2



Variasi Konsep Alternatif 3



Variasi Konsep Alternatif 4

Gambar 7. Variasi konsep alternatif 1, 2, 3 dan 4

2.5 Menilai Variasi Konsep

Pada tahapan ini, keempat alternatif variasi konsep dinilai berdasarkan aspek teknis dan ekonomis. Metode yang digunakan adalah metode seleksi bagan seperti yang terlihat pada Gambar 8.

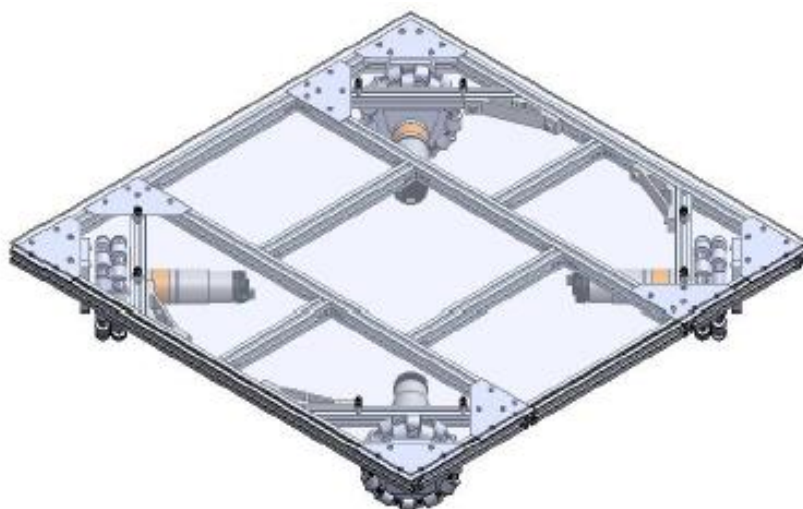
Seleksi bagan									
Varian	Kriteria dalam pengeleminasian:							Tanda varian solusi:	
	(+) Ya	(-) Tidak	(?) Kurang informasi	(!) Periksa spesifikasi	(+) Lanjutkan solusi	(-) Hilangkan solusi	(?) Kumpulkan info lanjutan	(!) Periksa spesifikasi	Keputusan
	Sesuai dengan kebutuhan								
	Sesuai dengan daftar spesifikasi								
	Sesuai prinsip dapat diwujudkan								
	Dalam batasan biaya yang diinginkan								
	Tingkat keamanan								
	Sesuai keinginan perancang								
	Pengetahuan tentang konsep memadai								
	Keterangan								
V ₁	+	+	+	?	+	-	+	Mempertimbangkan biaya	?
V ₂	+	+	+	+	+	+	+		+
V ₃	-	+	+	-	+	+	+	Mempertimbangkan biaya material, kontruksi tetap tidak bisa bongkar pasang	-
V ₄	-	+	-	+	+	-	+	Mempertimbangkan daftar kebutuhan dan prinsip serta kesesuaian dengan perancang	-

Gambar 8. Penilaian variasi konsep alternatif 1 (V1), 2 (V2), 3 (V3) dan 4 (V4)

Berdasarkan metode seleksi bagan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa variasi terbaik adalah variasi yang mendapatkan nilai (+) terbanyak yaitu variasi konsep 2.

3 HASIL

Setelah melalui beberapa tahapan penelitian sesuai alur kerja yang dirancang, maka didapatkan konsep terpilih yaitu variasi konsep 2.



Gambar 9. Variasi konsep terpilih

Variasi ini diperkirakan dapat sesuai dengan kebutuhan, memenuhi semua spesifikasi tuntutan, dapat diwujudkan, membutuhkan biaya yang sesuai, aman, mendapatkan preferensi dari perancang, dan pengetahuan perancang tentang konsep tersebut memadai. Pemenuhan spesifikasi tuntutan variasi konsep terpilih dapat dilihat pada Tabel X.

Tabel 5. Daftar pemenuhan tuntutan

No.	Nama Tuntutan	Spesifikasi	Jenis	Pemenuhan
1	Geometri: lebar landasan	maksimum 600 mm	Primer	Ya
2	Geometri: panjang landasan	maksimum 600 mm	Primer	Ya
3	Geometri: tinggi landasan	maksimum 200 mm	Primer	Ya
4	Kinematik: kecepatan gerak translasi	minimal 1 m/s	Primer	Ya ¹
5	Beban: kapasitas angkut	minimal 40 kg	Primer	Ya ²
6	Bobot: berat landasan	maksimal 10 kg	Primer	Ya ²
7	Produksi: proses pembuatan	dapat dikerjakan di bengkel robotik (dengan mesin bubut, frais, bor, pemotongan dengan laser, gerinda tangan)	Sekunder	Ya
8	Perakitan: kemudahan proses perakitan	Mudah dilepas-pasang (menggunakan obeng, kunci L, kunci pas)	Sekunder	Ya

Catatan Tabel 5:

- ¹ Memerlukan analisis lanjut dengan memperhatikan daya motor, kecepatan putar motor dan diameter roda.
- ² Memerlukan analisis lanjut dengan memperhatikan jumlah dan posisi batang rangka, jenis sambungan rangka dan posisi beban.

4 KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebuah konsep landasan robot dapat dikembangkan melalui 6 tahapan, yaitu; mengidentifikasi permasalahan, menentukan struktur fungsi, mencari alternatif solusi, membangun variasi konsep, menilai variasi konsep dan menentukan konsep terpilih. Sebuah landasan robot dapat dibagi menjadi 2 struktur kerja utama yaitu struktur rangka utama dan struktur pengubah energi listrik menjadi energi gerak. Struktur rangka utama dapat dibagi 2 menjadi sub-bagian rangka utama dan sub-bagian roda. Struktur pengubah energi listrik menjadi energi gerak memiliki satu sub bagian yaitu sub -bagian motor listrik. Ada 6 parameter yang dapat menentukan sebuah konsep landasan robot, yaitu: ragam bentuk rangka utama, jenis material rangka utama, jenis bentuk batang rangka utama, jenis sambungan rangka utama, jenis roda dan jenis motor listrik. Untuk menurunkan jumlah variasi konsep, pemilihan alternatif variasi konsep dapat dibuat berjenjang berdasarkan parameter yang paling mudah diputuskan dan tidak terhubung dengan parameter lainnya. Hal akan menurunkan jumlah variasi konsep secara signifikan. Dalam penelitian ini, pembangunan variasi konsep melalui 3 jenjang. Ada dua cara untuk menilai dan memilih alternatif variasi konsep, yaitu: 1) untuk alternatif 1 parameter dapat dilakukan dengan menginventaris kelebihan dan kekurangan dari masing-masing alternatif lalu memilih alternatif dengan kelebihan terbanyak dan kekurangan tersedikit, 2) untuk alternatif lebih dari 1 parameter dapat dilakukan dengan cara seleksi bagan, yaitu seleksi membandingkan setiap parameter terhadap satu tuntutan. Konsep hasil proses perancangan konsep yang merupakan variasi konsep terpilih tetap harus diperiksa kembali pemenuhannya dengan daftar tuntutan rancangan.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Program Pengabdian Kepada Masyarakat Skim Pembuatan Alat Bantu Ajar Politeknik Manufaktur Bandung.

6 REFERENSI

- [1] S. Sotnik dan V. Lyashenko, "Prospects for Introduction of Robotics in Service," *International Journal of Academic Engineering Research (IJAER)*, vol. 6, no. 5, pp. 4-9, 2022.
- [2] K. T. Ulrich, S. D. Eppinger dan M. C. Yang, *Product Design and Development*, New York: McGraw-Hill Education, 2020.
- [3] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen dan K.-H. Grote, *Engineering Design: A Systematic Approach*, Springer-Verlag London Limited, 2007.
- [4] M. Hijikata, R. Miyagusuku dan K. Ozaki, "Wheel Arrangement of Four Omni Wheel Mobile Robot for Compactness," *MDPI Journal Applied Science - Section Robotics and Automation*, vol. 12, no. 12, p. 5798, 2022.
- [5] J. Qian, B. Zi, D. Wang, Y. Ma dan D. Zhang, "The Design and Development of an Omni-Directional Mobile Robot Oriented to an Intelligent Manufacturing System," *MDPI Journal Applied Science - Mechatronic Systems for Automatic Vehicles*, vol. 17, no. 17, p. 2073, 2017.
- [6] K. Kanjanawanishkul, "Omnidirectional wheeled mobile robots: Wheel types and practical applications," *International Journal Advance Mechatronic System*, vol. 6, no. 6, p. 289, 2015.
- [7] P. Anggraeni, N. J. Ramadhan dan H. Khoirunnisa, "PoleBot: Polman open platform education robot," dalam *The 4th International Conference On Applied Engineering*, Batam, Indonesia, 2023.
- [8] F. Tóth, P. Krasňanský, M. Gulán dan B. Rohal'-Ilkiv, "Control systems in omni-directional robotic vehicle with mecanum wheels," dalam *2013 International Conference on Process Control (PC)*, Strbske Pleso, Slovakia, 2013.
- [9] J. Moreno, E. Clotet, R. Lupiañez, M. Tresanchez, D. Martínez, T. Pallejà, J. Casanovas dan J. Palacín, "Design, Implementation and Validation of the Three-Wheel Holonomic Motion System of the Assistant Personal Robot (APR)," *Sensors*, vol. 16, no. 10, p. 1658, 2016.