

PERANCANGAN AWAL DAN ANALISIS KINEMATIKA PURWARUPA MESIN JACRO

Muhammad Fadhilah Sudrajat¹⁾, Levin Halim^{2)*}

^{1,2} Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknik Industri, Universitas Katolik Parahyangan,
Bandung

ABSTRACT

Drilling is an activity of making vertical holes into the ground. Drilling can be done anywhere, for example, land, cliffs, caves and others. Drilling has a high risk of work, especially drilling in caves. With the high risk of this work, a prototype was made to see the movement of the machine in a wireless state. This prototype has several components needed, namely arduino uno, L298N motor driver, NRF24L01+, DC motor, stepper motor and ULN2003A module. This prototype was analyzed by the forward kinematics method. This prototype has an initial design that is divided into three, namely track, rig and base. In the kinematics section, the diagram of a free body is determined in the direction of the vector. Then after the direction of the vector is determined, the DH table can be determined. After that, the DH table can be used as input for MATLAB simulation.

Keyword : Jacro Machine, Wireless, Kinematics

1. PENDAHULUAN

Tinjauan pustaka yang telah dilakukan penulis digunakan dalam bab "Pengantar" untuk menjelaskan perbedaan naskah dengan surat-surat lainnya, bahwa itu adalah inovatif, itu digunakan dalam bab "Metode Penelitian" untuk menggambarkan langkah penelitian dan digunakan dalam bab "hasil dan Diskusi" untuk mendukung analisis hasil. Jika naskah ditulis benar-benar memiliki orisinalitas tinggi, yang mengusulkan metode atau algoritma baru, bab tambahan setelah "Pendahuluan" bab dan sebelum "Metode Penelitian" bab dapat ditambahkan untuk menjelaskan secara singkat teori dan / atau metode yang diusulkan / algoritma.

Pengeboran merupakan sebuah kegiatan membuat lubang vertikal ke dalam tanah [1]. Pengeboran dapat dilakukan di mana saja contohnya tanah, tebing, gua dan lainnya. Pengeboran memiliki resiko kerja yang tinggi, terlebih lagi pengeboran di dalam gua seperti yang ditunjukkan pada [2].

Dengan tingginya resiko pekerjaan tersebut, maka diperlukan mesin bor *Jacro* atau *drilling rig machine* yang merupakan jenis *man portable* dan *portable*. Pada tahun 1990 mesin bor *man portable* dirancang dengan dimensi yang mini

dibuat dari bahan rangka *alluminium alloy* dan mesin penggerak kecil dipadukan dengan komponen mekanis manual. Konstruksi unit *rig* relatif ringan dapat dibongkar menjadi beberapa bagian sehingga dapat memudahkan pengoperasiannya dan mobilisasi unit *rig* oleh beberapa tenaga manusia, sehingga mesin bor *jacro* pada tahun 1990 ini hanya mampu mengebor sampai kedalaman maksimal 50 meter. [3]. Salah satu mesin *jacro* yang ada di pasaran ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1 Salah Satu Contoh Mesin Jacro
[4]

Untuk meminimalisir kembali resiko pekerjaan pengeboran, pada penelitian ini, akan dirancang purwarupa untuk melihat pergerakan mesin *jacro* dalam keadaan *wireless*. Dengan purwarupa *wireless* ini diharapkan bahwa pergerakan dapat dilihat sebelum membuat mesin asli yang skalanya lebih besar.

Oleh karena dapat melihat pergerakan mesin, purwarupa dapat menentukan bahwa mesin asli yang nantinya akan dibuat akan aman atau tidak. *Wireless* yang dimaksud adalah purwarupa digerakkan menggunakan *remote* yang dihubungkan dengan modul *wireless* NRF24L01+. Pada perancangan ini, dilakukan simulasi di aplikasi MATLAB untuk melihat pergerakan *end-effector* berdasarkan sudut *joint-jointnya*.

Perlu diketahui bahwa pembahasan yang disajikan pada jurnal ini merupakan rancangan awal yang difokuskan kepada rig, base, dan track kemudian terdapat analisis kinematika dari mesin *jacro*. Pada titik akhir dari penelitian ini, purwarupa mesin *jacro* yang akan diimplementasi secara nyata akan memiliki fitur *wireless* dengan memanfaatkan NRF24L01+ dan Arduino Uno.

2. METODE PENELITIAN

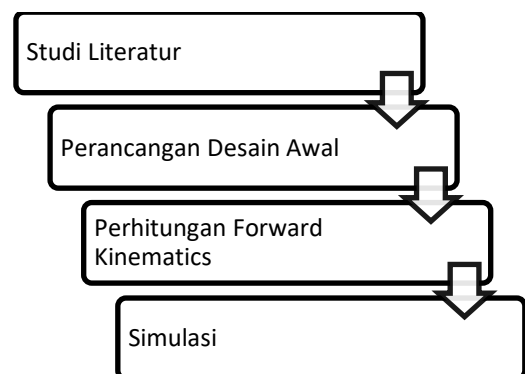
Menjelaskan kronologis penelitian, termasuk desain penelitian, prosedur penelitian (dalam bentuk algoritma, Pseudocode atau lainnya), bagaimana untuk menguji dan akuisisi data. Deskripsi dari program penelitian harus didukung referensi, sehingga penjelasan tersebut dapat diterima secara ilmiah. Bagian ini akan menjelaskan mengenai tahapan awal dalam perancangan desain dan kinematika dari purwarupa mesin *jacro*. Aplikasi SolidWorks digunakan untuk merancang desain awal dari mesin *jacro*. Aplikasi MATLAB digunakan untuk menyimulasikan dan dibandingkan dengan hasil hitungan.

Langkah pengerjaan dapat dilihat sebagai berikut:

- 1) Pertama, dilakukan studi literatur mengenai sistem *wireless*. Literatur dipelajari berupa jurnal mengenai perancangan sistem NRF24L01+.
- 2) Kedua, dilakukan perancangan desain di perangkat lunak Solid- Works.
- 3) Ketiga, dilakukan perhitungan manual tentang *forward kinematics*.
- 4) Keempat, dilakukan simulasi pada MATLAB

Ilustrasi dari metodologi penelitian digambarkan oleh diagram alir yang ditunjukkan pada

Gambar 2.

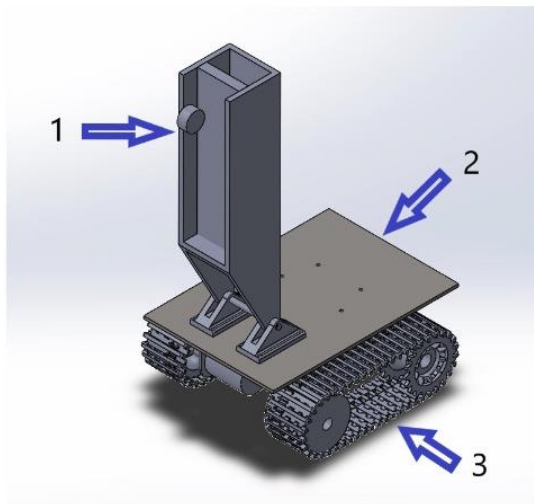


Gambar 2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN ANALISA

3.1. Sistem Keseluruhan dan Komponen

Faktor elektrik yang diperlukan untuk purwarupa mesin *Jacro* tidak terlalu besar akan tetapi dipecah menjadi beberapa bagian. Untuk mengendalikan sebuah track diperlukan tegangan sebesar 12 V dengan arus sebesar 1.5 A yang di- hubungkan ke sebuah driver L298N untuk mengendalikan track. Untuk mengendalikan rig, mengangkat spindle dan memutar spindle dengan menggunakan tegangan sebesar 9V dengan arus 2A sebanyak 3 buah yang masing-masing tersambung ke 2 buah driver ULN2003A dan L298N.



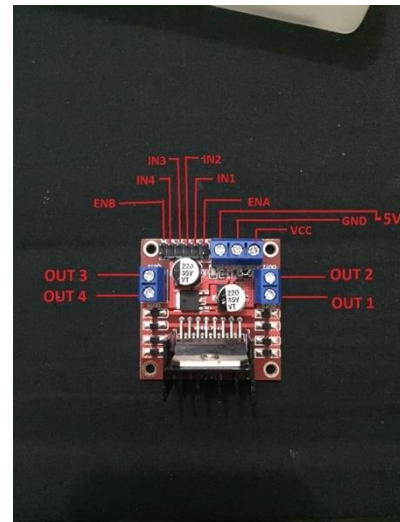
Gambar 3 Perancangan Awal Purwarupa Mesin Jacro

Dilihat dari Gambar 3, terdapat beberapa angka yang menunjukkan nama dari masing-masing komponen. Nomor 1 menunjuk pada komponen rig yang dipakai dalam purwarupa. Pada komponen rig, terdapat dua aktuator, diantaranya adalah motor stepper yang dihubungkan dengan rack and pinion, dan motor DC sebagai spindle. Nomor 2 menunjuk pada komponen base. Pada komponen base, terdapat komponen lain yaitu rig. Nomor 3 menunjuk pada komponen track. Pada komponen track, terdapat panel yang menghubungkan antara track dan base, yaitu panel track. Pada panel track terdapat mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino mega. Komponen track berfungsi sebagai penggerak purwarupa.

Seperti yang terlihat, adapun beberapa komponen utama yang diperlukan agar purwarupa mesin jacro dapat berjalan secara *wireless* menggunakan remote, antara lain:

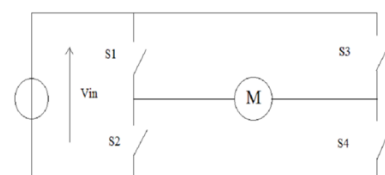
- 1) Arduino Uno
- 2) Driver Motor L298N
- 3) NRF24L01+
- 4) Motor DC
- 5) Motor Stepper
- 6) Joystick

Gambar 4 memperlihatkan motor driver L298N. Motor driver L298N merupakan sebuah driver motor yang mampu mengatur kecepatan dan arah putar dari sebuah motor listrik.



Gambar 4 Foto L298N

L298N dapat digunakan dengan tegangan yang sama besar dengan motor DC yaitu 5-35V. L298N memiliki sebuah regulator sebesar 5V yang berfungsi untuk meneruskan berapapun tegangan yang masuk didalamnya. Tegangan yang masuk akan diteruskan hanya sebesar 5V [3]. L298N merupakan sebuah rangkaian *H-Bridge*, yaitu rangkaian listrik yang dapat meneruskan tegangan untuk diaplikasikan disepanjang muatan di semua arah. *H-Bridge* sering kali digunakan dalam bidang robotik dan di berbagai bidang yang memungkinkan motor DC dapat berputar secara *clock wise* maupun *counter clock wise*. Rangkaian *H-Bridge* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 H-bridge

Operasi dari H-bridge itu sendiri dijelaskan oleh Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Operasi H-Bridge

S1	S2	S3	S4	Kondisi
1	0	0	1	Motor bergerak clock wise
0	1	1	0	Motor bergerak counter clock wise
0	0	0	0	Motor tidak bergerak
1	1	1	1	Motor tidak bergerak
1	0	1	0	Motor tidak bergerak
1	1	0	0	Short power supply
0	0	1	1	Short power supply
0	0	1	1	Short power supply

Cara kerja dari L298N sendiri yaitu dengan menerapkan rangkaian *H-Bridge* seperti pada Gambar 3. Ketika S1 dan S4 bernilai *high* atau dalam keadaan *normally close*, maka arus listrik dapat mengalir melewati M, sehingga M dapat berputar ke arah *clockwise*. Ketika S2 dan S3 bernilai *high* atau dalam keadaan *normaly close*, arus listrik masih dapat mengalir melewati M, sehingga M dapat berputar ke arah *counter clockwise*. M tidak akan berputar jika S1, S2, S3 dan S4 bernilai *LOW* atau dalam keadaan *normally open* dan ketika S1, s2, S3, dan s4 dalam keadaan *HIGH*. H-bridge juga dapat mengalami *short circuit* apabila dalam keadaan S3 dan S4 bernilai *HIGH* atau S1 dan S2 bernilai *high*, karena tidak ada hambatan ketika arus mengalir ke dalam rangkaian. Kecepatan dapat dikendalikan dengan menggunakan pin ENA dan ENB.

Selain pergerakan motor untuk menggerakkan bagian *track* atau roda dari purwarupa, diperlukan pula NRF24l01+ yang merupakan sebuah modul komunikasi jarak jauh yang bekerja pada gelombang RF 2,4-2,5 GHz. Modul NRF24L01 menggunakan *Serial Peripheral Interface* (SPI) untuk berkomunikasi. [5]

Sebagai aktuator penggerak spindle, dipakai motor DC. Motor DC yang merupakan suatu aktuator yang memerlukan sumber listrik searah atau DC yang nantinya akan menghasilkan keluaran berupa energi mekanik atau lebih tepatnya adalah putaran. [6] Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor

(bagian yang berputar). Motor DC yang akan digunakan diperlihatkan oleh Gambar 6



Gambar 6 Motor DC

Motor Stepper digunakan untuk menggerakkan *track*. Gambar 7 memperlihatkan motor *stepper*. Motor *stepper* merupakan motor listrik yang dikendalikan oleh pulsa-pulsa periodik.



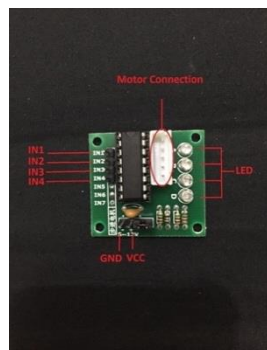
Gambar 7 Motor Stepper

Deretan pulsa akan diterjemahkan menjadi putaran *shaft* dimana setiap putaran membutuhkan jumlah pulsa yang di- tentukan. Satu pulsa menghasilkan satu kenaikan putaran atau *step* yang merupakan bagian dari satu putaran penuh. Pada umumnya jenis motor *stepper* dibedakan menjadi dua jenis yaitu *unipolar* dan *bipolar*.

- 1) *Motor Stepper Unipolar*: Motor *stepper unipolar* merupakan jenis motor *stepper* yang paling mudah untuk dikendalikan karena hanya memerlukan 1 *switch*/transistor dalam tiap lilitannya. Motor dijalankan dan dihentikan dengan menerima pulsa-pulsa digital 1 dan 0. Sementara terminal lainnya dicatu dengan tegangan positif konstan pada bagian tengah dari lilitan.
- 2) *Motor Stepper Bipolar*: Motor *stepper bipolar* dan *unipolar* memiliki perbedaan, yang membedakan motor *step- per bipolar* dengan *unipolar*

adalah jumlah *input* atau *wiring*-nya. Motor *stepper bipolar* hanya memiliki 4 buah *input*, tetapi cara mengendalikannya lebih rumit dibanding dengan motor *stepper unipolar*. Untuk mengontrol *stepper bipolar*, diperlukan sinyal digital yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya pada setiap lilitannya. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan fluktuasi magnetik yang berubah-ubah sehingga rotor dapat berputar sesuai sudut *step*-nya.

Untuk pergerakan dari motor *stepper*, digunakan modul *ULN2003A*. Gambar 8 memperlihatkan komponen modul *ULN2003A*.



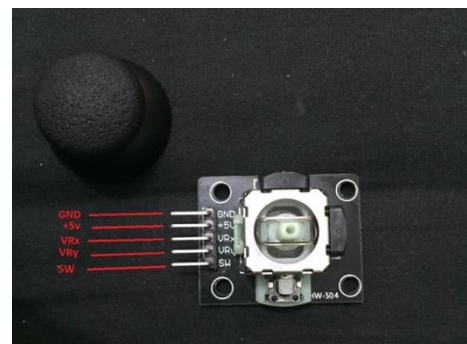
Gambar 8 Modul *ULN2003A*

ULN2003A merupakan modul atau *driver* termudah untuk menggerakkan motor *stepper* yang memiliki arus kecil. *ULN2003A* memiliki 7 buah transistor darlington di dalamnya, *ULN2003A* juga dapat melewati arus sebesar 500mA pada tiap *channel*-nya dan memiliki interval tegangan drop sekitar 1V saat menyala. [7]

Komponen lainnya adalah *joystick*. *Joystick* dipakai sebagai arahan untuk mengendalikan purwarupa. Gambar 9 memperlihatkan *joystick*. *Joystick* adalah alat masukan komputer yang berwujud tuas atau tongka yang dapat bergerak ke segala arah [8].

Joystick memiliki 2 sumbu arah yaitu sumbu X dan sumbu Y. Sumbu X dan Y merupakan sebuah *resistor variable* seperti potensiometer, dimana nilainya dapat diubah dengan

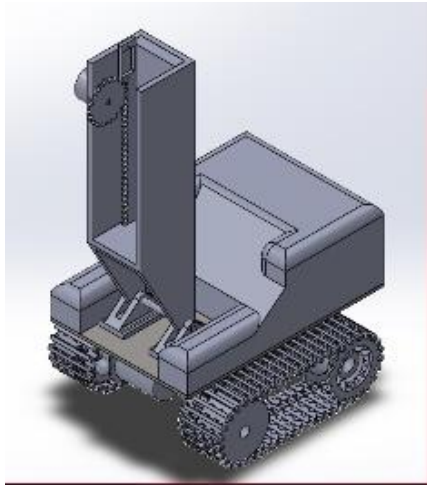
menggerakkan tuas yang ada pada *joy-stick* HW-504. Dalam pembuatan purwarupa ini, sumbu yang digunakan hanya 1 karena berfungsi untuk memutar sebuah motor ke arah *clockwise* dan *counter clockwise*. *Joystick* memiliki 5 buah pin, pin +5V digunakan untuk memberi tegangan ke *joystick* yang dapat bersumber dari Arduino pada pin +5V. Lalu pin GND dapat dihubungkan pada pin GND pada Arduino. Pin VRx digunakan untuk mengubah nilai *joystick* pada sumbu X sedangkan pin VRy digunakan untuk mengubah nilai *joystick* pada sumbu Y kedua pin tersebut dapat dihubungkan ke pin analog pada Arduino. SW merupakan sebuah pin yang terhubung ke sebuah *switch button* yang ada dalam *joystick*.



Gambar 9 *Joystick*

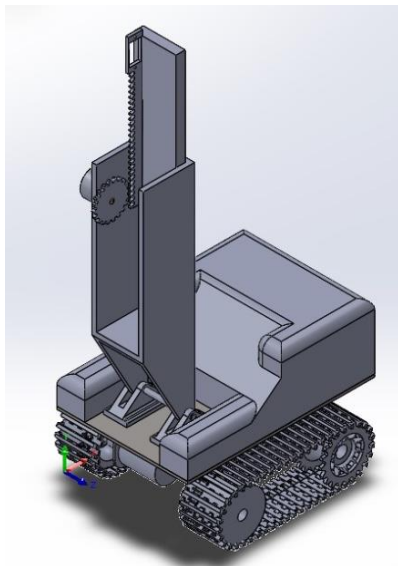
3.2. Perancangan Awal Desain Purwarupa

Gambar 10 merupakan rancangan akhir dari model purwarupa mesin Jacro. Rancangan ini menggunakan bahan dasar polyvinyl chloride (PVC). Komponen yang menggunakan PVC diantaranya adalah rig dan base. Base dihubungkan dengan panel track menggunakan spacer dan dikencangkan menggunakan mur. Perancangan purwarupa ini berdimensi 200mm x 175mm x 323 mm.



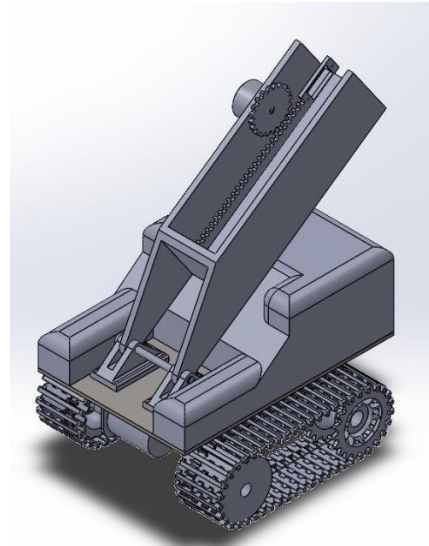
Gambar 10 Rancangan Desain Purwarupa

Hasil perancangan awal ketika kondisi *extended* dengan total dimensi desain 200mm x 140mm x 428mm diperlihatkan oleh Gambar 11.



Gambar 11 Rancangan Desain Purwarupa
(extended)

Hasil perancangan awal ketika kondisi *rest* dengan total dimensi desain 200mm x 140mm x 264mm diperlihatkan oleh Gambar 12. Gambar 11

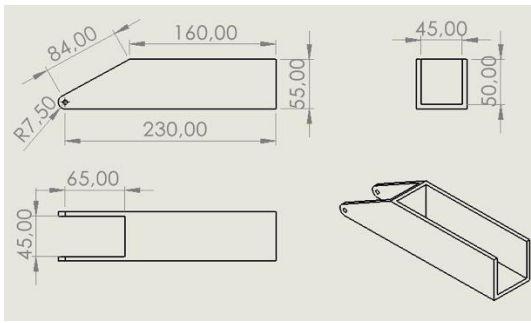


Gambar 12 Rancangan Desain Purwarupa (rest)

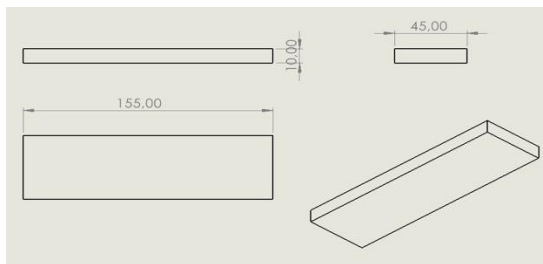
Adapun hasil perancangan desain dari beberapa bagian utama dari, antara lain *rig*. *Rig* merupakan suatu bagian dimana menjadi bagian yang penting dalam mesin jacro. *Rig* digunakan untuk menempelkan pipa bor (*drill pipe*). Contoh *rig* pada mesin jacro diperlihatkan Gambar 13. Sedangkan hasil perancangan awal desain *rig* diperlihatkan oleh Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 13 Contoh *Rig*



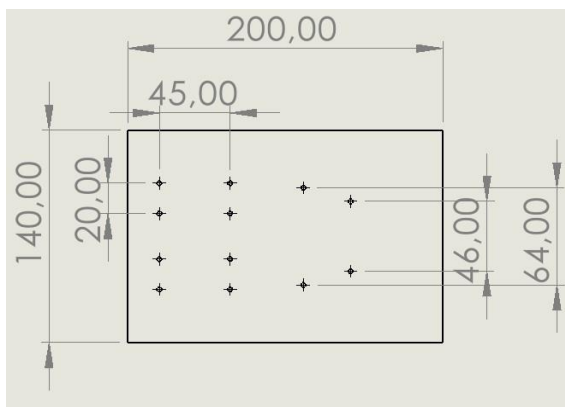
Gambar 14 Perancangan Awal Rig Bagian 1



Gambar 15 Perancangan Awal Rig Bagian 2

Hasil perancangan awal *rig* bagian 1 ini memiliki dimensi sebesar 230mm × 55mm × 55mm. Bagian ini diperlukan untuk menopang *rig* bagian 2 pada Gambar 10. Dimana *rig* bagian 2 memiliki dimensi sebesar 150mm × 45mm × 10mm.

Selain itu, adapun hasil perancangan awal desain dari beberapa bagian utama lainnya, yaitu *base*. Hasil perancangan awal desain *base* diperlihatkan oleh Gambar 16.



Gambar 16 Perancangan Awal Base

Base memiliki dimensi sebesar 200mm × 140mm × 20mm. *Base* digunakan untuk menem-

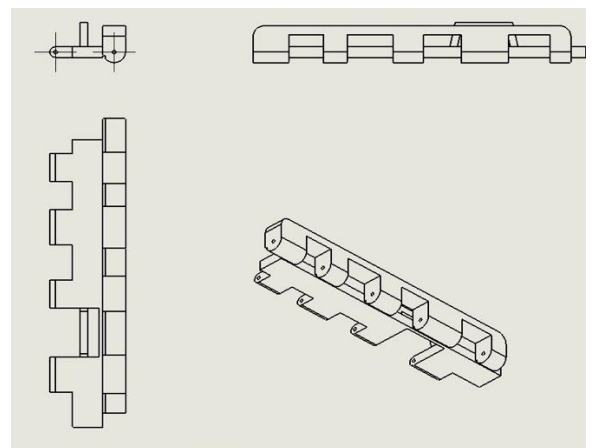
patkan *rig* dan komponen-komponen yang akan digunakan, sehingga *base* menjadi penopang dalam purwarupa ini.

Hasil perancangan awal desain dari beberapa bagian utama lainnya, yaitu *track*. *Track* merupakan alat penggerak sebuah kendaraan dimana ada ikatan-ikatan menapak terus menerus yang digerakkan oleh dua atau lebih roda. Contoh *rig* pada mesin *jacro* diperlihatkan Gambar 17.

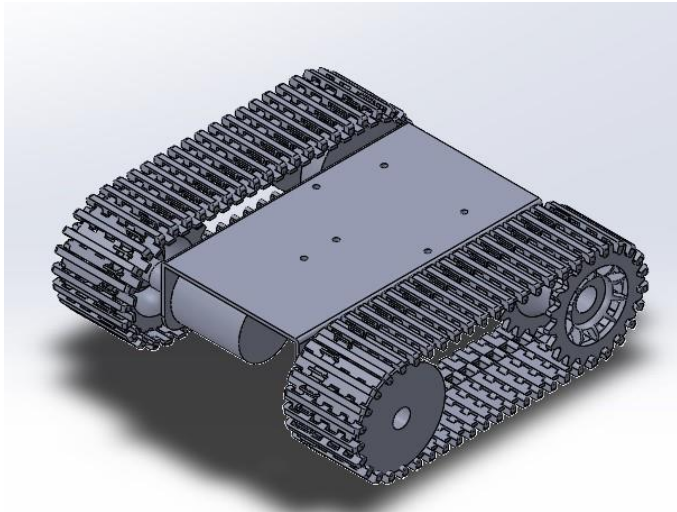


Gambar 17 Contoh Track

Perancangan awal *track* dapat dilihat pada Gambar 18 dan Gambar 19. Dimana pada gambar tersebut terdapat gambar per-bagian dan gambar yang sudah di rakit. Dilihat dari Gambar 18, gambar tersebut merupakan gambar dari satuan *track* sebelum dihubungkan. Sedangkan Gambar 19 merupakan gambar dari keseluruhan *track* yang sudah di rakit.



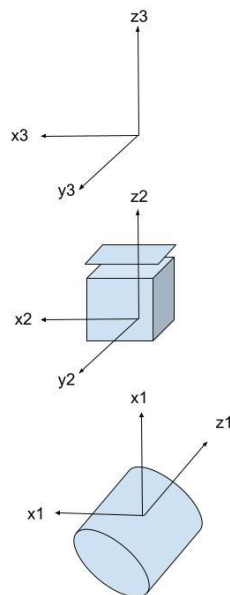
Gambar 18 Hasil Perancangan Awal



Gambar 19 Hasil Perancangan Awal Track dan Base

3.3. Kinematika

Dalam perhitungan kinematika, dilakukan penggambaran diagram benda bebas (DBB) pada rig. Perhitungan ini dapat dilihat pada Gambar 20.



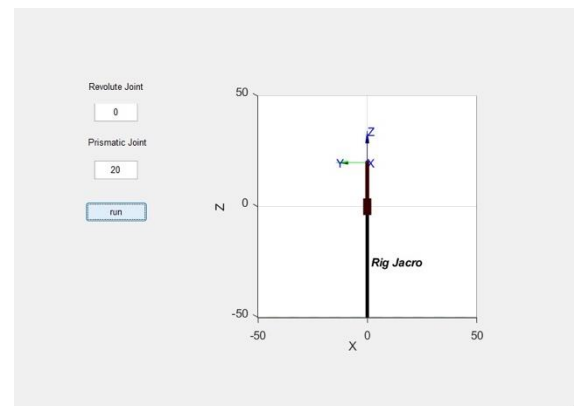
Gambar 20 DBB Kinematika *Rig*

Berdasarkan DBB yang telah digambarkan pada Gambar 20, didapatkan tabel DH seperti yang diperlihatkan oleh Tabel 2

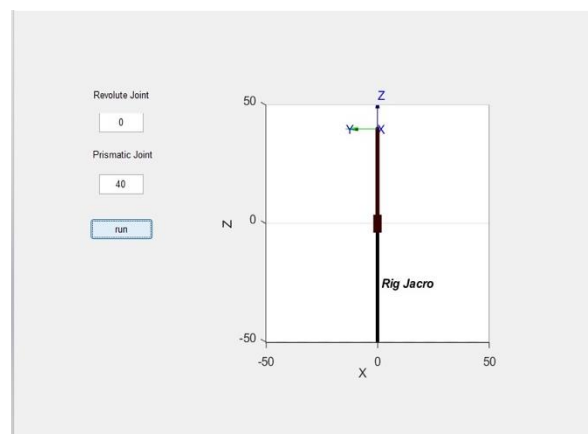
Tabel 2 Tabel DH

Link	θ	d	a	α
1	$-\theta$	L1	0	90°
2	0°	L1	0	0°

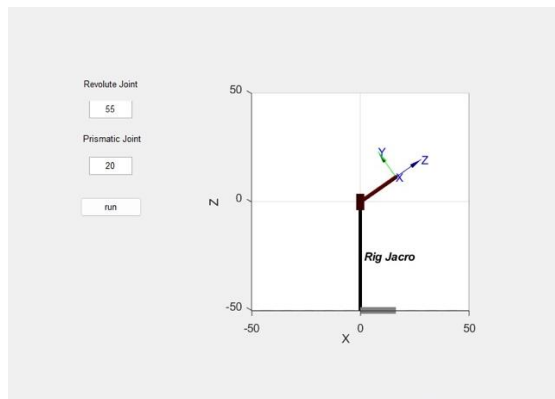
Berdasarkan Tabel DH yang diperlihatkan oleh Tabel 2, kemudian didapatkan matriks homogeneous. Dari Tabel 2 juga dapat dimasukkan ke dalam simulasi pada perangkat lunak MATLAB. Hasil dari tabel tersebut dapat melihat pergerakan seperti pada hasil simulasi yang diperlihatkan oleh Gambar 21, Gambar 22, dan Gambar 23 untuk posisi *default*, *extend*, dan *rest* secara berurutan



Gambar 21 Hasil Simulasi MATLAB pada Posisi *Default*



Gambar 22 Hasil Simulasi MATLAB pada Posisi *Extend*



Gambar 23 Hasil Simulasi MATLAB pada Posisi Rest

4. KESIMPULAN

Dalam pembuatan desain awal, dihasilkan perancangan *rig* bagian 1, *rig bagian 2*, *track*, desain pada posisi *default*, desain pada posisi *extend* dan desain pada posisi *rest*. Pada hasil simulasi kinematika pada aplikasi MATLAB, pertama dilakukan penentuan arah vektor. Kedua tabel DH dapat ditentukan jika arah vektor sudah didapatkan. Hasil tabel DH dapat menjadi *input* untuk melakukan simulasi pada MATLAB

DAFTAR PUSTAKA

- A. Septiano And T. Ghazali, "Nrf 24l01 Sebagai Pemancar/Penerima Untuk Wireless Sensor Netwok," *J. Tekno (Civil Engineering, Elektr. Engineering Ind. Engineering)*, Vol. 17, No. April, Pp. 26–34, 2020.
- Kaimudin, Alpiana, And Rahmawati, "Mekanisme Pemboran Air Tanah Di Desa Kerandangan Kecamatan Batu Layar Kabupaten Lombok Barat Nusa Tenggara Barat," Vol. 24, No. 1, 2020.
- M. Raut, G. Shete, V. Shinde, And A. Suryawanshi, "Automatic Mini Cnc Machine For Pcb Drawing Using Arduino," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, Vol. 6, No. 6, Pp. 310–313, 2019.
- R. Karim And R. Djangu, "Studi Produktivitas Kinerja Alat Bor Pada Pengeboran Eksplorasi Endapan Emas Pt.Tri Usaha Baru Di Loloda Utara Kabupaten

Halmahera Barat," *Dintek*, Vol. 14, No. 1, Pp. 67–71, 2021.

Royan And L. A, "Aplikasi Motor Dc-Shunt Untuk Laboratory Shaker Menggunakan Metode Pwm (Pulse Widthmodulation) Berbasis Mikrokontroler Atmega 32," *Amedia Elektr.*, Vol. 8, No. 1, Pp. 32–50, 2015, [Online]. Available: [Http://Repository.Unimus.Ac.Id/2905/](http://Repository.Unimus.Ac.Id/2905/).

R. K. Perdana, "Sistem Kendali Solenoid Valve Dengan Kontrol Joystick Pada Robot Manual Pengangkatdan Pemindah Barang," Politeknik Negeri Sriwijaya, 2014.