

SISTEM KONTROL MANGKUK PENGHISAP PADA ROBOT PEMANJAT DINDING

CONTROL SYSTEM SUCTION CUP ON WALL CLIMBING ROBOT

¹Muhammad Raihan Ghifari, ²Mohamad Ramdhani, ³Ramdhan Nugraha

1,2,3 Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ghicampus@gmail.com, ²mohamadramdhani@telkomuniversity.ac.id, ³ramdhan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dewasa ini, kehidupan manusia semakin dipermudah dengan adanya perkembangan teknologi. Banyak ilmuwan yang berlomba-lomba dalam menciptakan sesuatu. Salah satu halnya adalah robot, robot merupakan alat elektromekanis yang menyerupai makhluk hidup seperti manusia, hewan dan tumbuhan. Pembuatan robot memiliki tujuan yaitu untuk memudahkan kerja manusia, dan juga memenuhi kebutuhan riset dalam perkembangan teknologi.

Perancangan robot yang dibuat adalah implementasi dari gabungan hewan yang dapat merayap seperti kadal di padukan dengan telapak kaki yang dapat menghisap seperti lengan pada gurita. Untuk melakukan hal tersebut maka pada robot pemanjat dinding dibutuhkan mangkuk penghisap aktif. Mangkuk penghisap aktif merupakan mangkuk penghisap yang dapat melakukan perekatan atau tidak ketika *vacuum pump* mengatur tekanan udara. Robot pemanjat dinding juga di rancang agar dapat melakukan transisi dari bidang horizontal menuju bidang vertikal dengan baik.

Pada tugas akhir ini, robot pemanjat dinding dijalankan secara automasi dengan sistem kendali logika yang telah ditentukan.

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu perancangan yang dapat bekerja optimal pada robot pemanjat dinding. Dengan menggunakan perancangan mangkuk penghisap aktif pada tugas akhir ini, untuk mendapatkan hasil yang optimal pada saat robot dalam kondisi vertikal ataupun kondisi horizontal.

Kata Kunci : *gurita, vacuum pump, mangkuk penghisap, dinding*

Abstract

Today, human life is increasingly facilitated by technological developments. Many scientists are competing in creating something. One of the cases is robots, robots are electromechanical devices that resemble living things such as humans, animals and plants. The making of robots has the purpose of facilitating human work, and also fulfilling research needs in technological development.

The design of the robot that is made is the implementation of a combination of animals that can creep like lizards combined with the soles of the feet that can suck like the arms of an octopus. To do this, an active suction cup is needed on the wall climbing robot. The active suction cup is a suction cup which can be glued or not when the vacuum pump regulates air pressure. Wall climbing robots are also designed to be able to transition from the horizontal plane to the vertical plane well.

In this final project, the wall climbing robot is run by automation with a predetermined logic control system. Therefore, a design is needed that can work optimally on wall climbing robots. By using an active suction cup design in this final project, to obtain optimal results when the robot is in vertical or horizontal conditions.

Keywords: *octopus, vacuum pump, suction cup, wall.*

1. Pendahuluan

Pada saat ini, perkembangan teknologi dan informasi berkembang sangat pesat serta menjadikan hal tersebut kebutuhan bagi setiap orang dan terlebih juga makin banyak orang berlomba untuk membuat alat yang semata-mata untuk mempermudah pekerjaan manusia. Salah satunya dalam hal pembuatan dan pengembangan pada robot. Robot merupakan suatu sistem mekanis yang dapat melakukan tugas fisik seperti makhluk hidup terutama manusia dan hewan. Jika pada manusia dan hewan memiliki otak sebagai pusat kendali, pada robot disebut *Microcontroller*. Begitu juga pada manusia dan hewan memiliki organ, pada robot disebut sensor.

Menurut Direktur Pelayanan BPJS Ketenagakerjaan Krishna Syarif beliau berkata bahwa "Sepanjang 2017, menurut statistik kami terjadi peningkatan kecelakaan kerja sekira 20 persen dibandingkan 2016 secara nasional". Beberapa diantaranya terdapat kecelakaan yang bersangkutan dengan ketinggian salah satunya merupakan rubuhnya *crane*. Maka dari itu dibutuhkannya suatu inovasi, dan upaya di bidang robotika. Oleh karena itu dibutuhkannya robot yang dapat menggapai ketinggian tanpa harus manusia yang melakukannya. *Wall Climbing Robot* adalah robot yang menyerupai hewan yang dapat merayap pada dinding. *Wall Climbing Robot* menggunakan sistem pengaturan tekanan udara yang memungkinkan robot dapat bergerak dan menempel di dinding. Pada telapak kaki robot akan dipasang mangkuk penghisap yang memiliki bentuk menyerupai alat penghisap pada lengan gurita. Mangkuk penghisap tersebut dapat menempel antara robot dengan permukaan, dan pada kaki robot akan dipasang *vacuum pump* yang dapat menghirup dan melepaskan udara sehingga robot dapat menempel dan berjalan di dinding.

Vacuum pump merupakan sebuah komponen elektronika yang di dalamnya terdapat motor dc untuk mengatur tekanan udara yang di butuhkan saat robot merayap di dinding atau kaca. *Vacuum pump* bekerja seperti mesin penyedot debu, ketika robot menempel maka *Vacuum pump* akan menghisap udara yang ada pada kaki robot kemudian akan dikunci oleh cup suction sehingga tidak ada udara diantara telapak kaki dan permukaan dinding. *Vacuum pump* di kendalikan oleh kontroler yang bernama arduino.

Wall Climbing Robot ditujukan untuk riset diharapkan kedepannya dapat dikembangkan dan di implementasikan untuk membantu pekerjaan manusia yang berhubungan dengan ketinggian sehingga dapat mengurangi resiko kecelakaan pada manusia yang bekerja pada ketinggian.

2. Dasar Teori

2.1. Robot Pemanjat Dinding

Robot Pemanjat Dinding adalah robot yang berprinsip sama seperti robot berkaki pada umumnya. Tetapi, wall climbing robot punya keunggulan dari segi bidang yang dapat dilaluinya. Jika pada robot berkaki pada umumnya hanya bergerak pada bidang horizontal, namun wall climbing robot dapat bergerak pada bidang horizontal dan juga vertikal. Dibutuhkan mekanisme kendali untuk mengendalikan robot pada saat di posisi bidang horizontal ataupun posisi bidang vertikal. Tidak hanya dinding, robot ini juga dapat berjalan pada permukaan kaca. Robot ini akan memanfaatkan daya serap udara untuk membuatnya dapat kokoh menempel di bidang vertikal seperti dinding ataupun kaca. Daya serap udara akan dilakukan oleh vacuum pump yang menghisap udara di permukaan, dibantu dengan mangkuk penghisap untuk mengatur daya serap udara, robot ini memerlukan pengontrolan yang baik agar dapat mengatur gerakan saat kaki melangkah dan saat kaki melekat pada permukaan[1].

2.2. Vacuum Pump

Pompa vakum merupakan motor yang di desain dapat mengeluarkan molekul-molekul gas dari dalam sebuah ruangan tertutup untuk mencapai tekanan vakum. Pompa vakum menjadi salah satu komponen penting di beberapa industri besar seperti pabrik lampu, *vacuum coating* pada kaca, pabrik komponen-komponen elektronik, pemurnian oli, bahkan hingga alat-alat kesehatan seperti radiotherapy, radiosurgery, dan radiopharmacy.

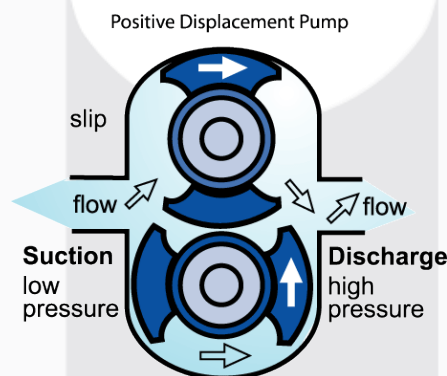
Berdasarkan prinsip kerjanya, pompa vakum diklasifikasikan menjadi 3 yaitu:

1. *Positive Displacement* : menggunakan cara mekanis untuk mengekspansi sebuah volume secara terus-menerus, mengalirkan gas melalui pompa tersebut, men-sealing ruang volume sistem, dan membuang gas ke atmosfer.
2. Pompa Momentum Transfer : menggunakan sistem jet fluida kecepatan tinggi, atau menggunakan sudu putar kecepatan tinggi untuk menghisap gas dari sebuah ruang tertutup.
3. Pompa Entrapment : menggunakan suatu zat padat atau zat adsorber tertentu untuk mengikat gas di dalam ruangan tertutup.

2.2.1 Positive Displacement

Prinsip dari pompa ini adalah dengan jalan mengekspansi volume ruang oleh pompa sehingga terjadi penurunan tekanan vakum parsial. Sistem sealing mencegah gas masuk ke dalam ruang tersebut[2]. Selanjutnya pompa melakukan gerakan buang, dan kembali mengekspansi ruang tersebut. Jika dilakukan secara siklis dan berkali-kali, maka vakum akan terbentuk di ruangan tersebut[6].

Salah satu aplikasi pompa ini yang paling sederhana adalah pada pompa air manual. Untuk mengangkat air dari dalam tanah, dibentuk ruang vakum pada sisi keluaran air, sehingga air dapat "terhisap" naik ke atas.



Gambar II-1. Vacuum Pump Positive Displacement

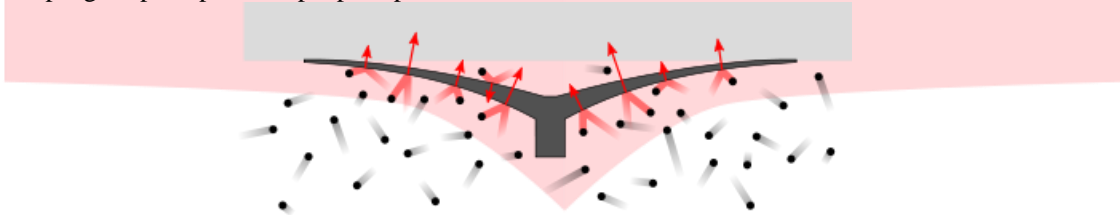
(Sumber : <https://www.fraingroup.com/positive-displacement-pump/>)

Vacuum pump ini akan dihubungkan ke mangkuk penghisap dengan bantuan selang silikon. Rangkaian dari vacuum pump dan mangkuk penghisap ini yang akan berfungsi sebagai kaki dari robot untuk bergerak di permukaan

kaca dan dinding. Tekanan maksimal pump ini adalah 70 kPa dan memiliki berat 60 gram, dengan spesifikasi seperti tersebut, maka alat ini akancukup efisien untuk dijadikan kaki pada wall climbing robot ini.

2.3. Suction Cup

Suction Cup adalah alat penghisap yang terbuat dari karet atau plastik lentur. Penggunaan mangkuk penghisap pada robot pemanjat dinding yang akan dibuat terinspirasi dengan alat penghisap yang ada pada lengan gurita[3]. Mangkuk penghisap memiliki bahan yang bersifat elastis, fleksibel dan memiliki permukaan melengkung. Seperti tertera pada gambar II-3, mangkuk penghisap bekerja dengan cara menekan pusat pada mangkuk penghisap pada permukaan datar dan tidak berpori, volume ruang antara mangkuk penghisap dan permukaan datar berkurang, yang akan menyebabkan udara di volume ruang di buang melewati tepi mangkuk penghisap pada saat melingkar. Pada saat posisi ini volume ruang menjadi hampa udara menyebabkan kurangnya tekanan[4]. Perbedaan tekanan atmosfer antara bagian luar mangkuk penghisap dan volume ruang yang berada di dalam mangkuk penghisap menyebabkan mangkuk penghisap tetap menempel pada permukaan.



Gambar II-2. Prinsip kerja *Suction Cup*

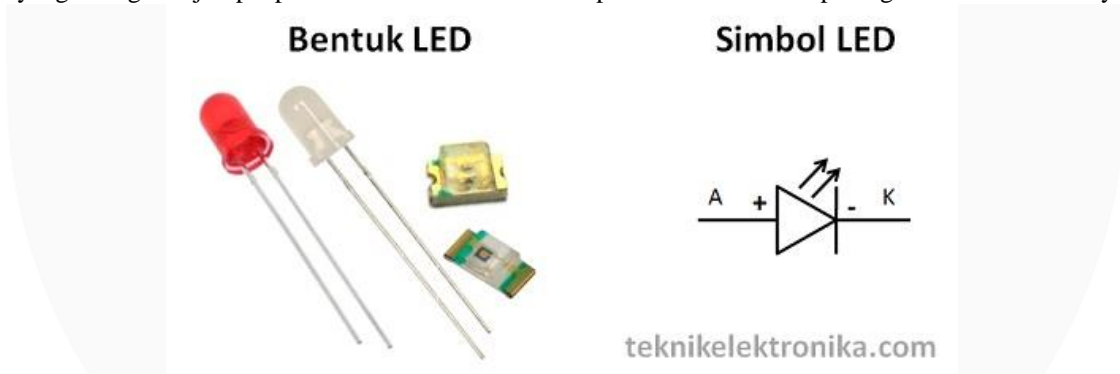
(Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Suction_cup#/media/File:Suction_cup_pressure_from_collisions.svg)

2.4.1 Active Suction Cup

Berdasarkan prinsip kerja mangkuk penghisap terdapat dua yaitu mangkuk penghisap aktif dan mangkuk penghisap pasif. Pada mangkuk penghisap aktif, mangkuk penghisap akan bekerja lebih optimal karena mangkuk penghisap telah di beri lubang dibagian pusat yang bertujuan untuk dihubungkannya langsung dengan *vacuum pump*. *Vacuum pump* secara aktif mengatur tekanan udara yang dibutuhkan agar mangkuk penghisap dapat dengan mudah merekat pada dinding dan juga sebaliknya pada saat melepaskan rekatan pada dinding.

2.4. LED

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada Remote Control TV ataupun Remote Control perangkat elektronik lainnya.



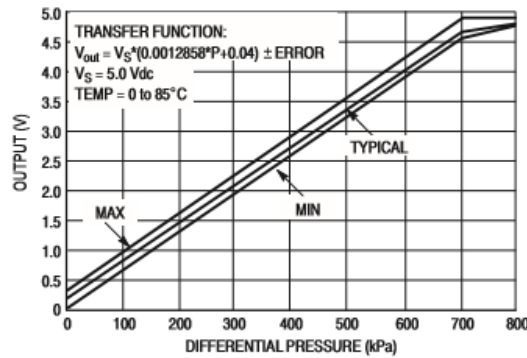
Gambar II-3. Bentuk fisik LED (gambar kiri), bentuk simbol LED (gambar kanan)

(Sumber : <https://teknikelektronika.com/wp-content/uploads/2014/12/Pengertian-LED-dan-Cara-Kerjanya.jpg?x22079>)

2.6. Sensor Tekanan

Sensor tekanan adalah sensor untuk mengukur tekanan suatu zat. Tekanan (p) adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A). Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan atau gas.

Satuan tekanan dapat dihubungkan dengan satuan volume (isi) dan suhu. Semakin tinggi tekanan di dalam suatu tempat dengan isi yang sama, maka suhu akan semakin tinggi. Hal ini dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa suhu di pegunungan lebih rendah dari pada di dataran rendah, karena di dataran rendah tekanan lebih tinggi.



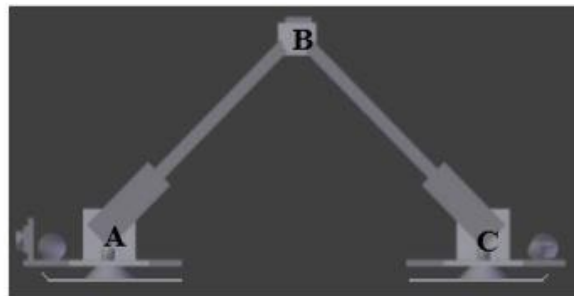
Gambar II-5. Hubungan tekanan dengan tegangan pada sensor tekanan

Prinsip kerja sensor tekanan adalah dengan mengolah tegangan yang di dapat dari sumber tegangan sebesar 5 v, yang di pengaruhi perubahan tekanan. Hasil perubahan tersebut kemudian di konversikan ke dalam tegangan dalam rentang 0 – 5 v.

3. Perancangan Sistem

3.1. Desain Sistem

Pada perancangan tugas akhir ini sistem yang akan dibuat merupakan sebuah sistem kendali mangkuk penghisap pada sistem robot pemanjat dinding. Hasil yang diharapkan ialah mangkuk penghisap yang menjadi kaki robot dapat membedakan ketika bidang horizontal tidak aktif sedangkan ketika robot pada posisi vertikal mangkuk penghisap dapat mendeteksi dan kemudian mengaktifkan mangkuk penghisap[5].



Gambar III-1. Ilustrasi robot pemanjat dinding

3.1.1. Diagram Blok



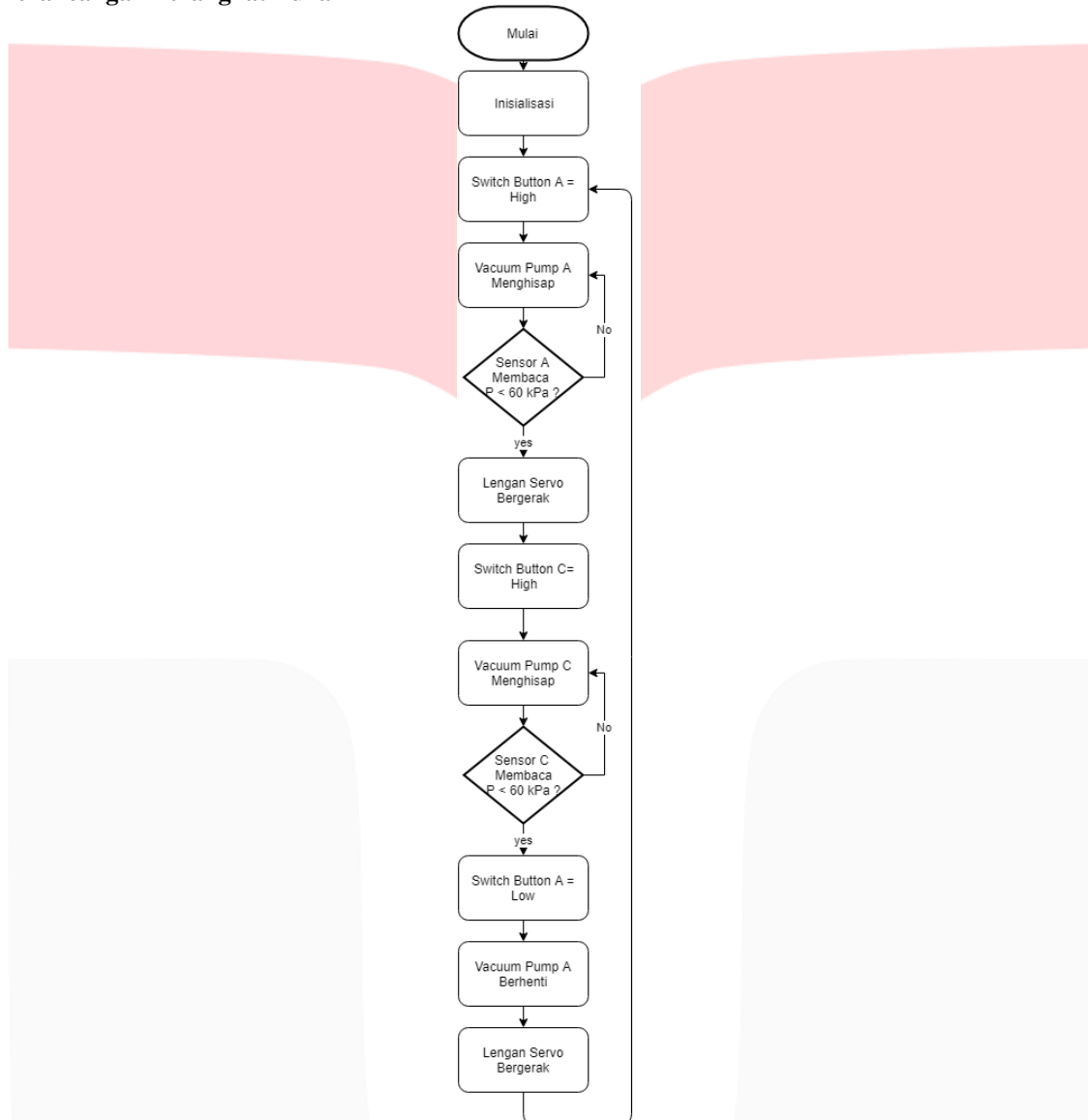
Gambar III-2. Blok Diagram Sistem Secara Umum

Berdasarkan Gambar III-2. Fungsi dari setiap blok pada diagram blok perancangan robot pemanjat dinding adalah :

1. Switch button berfungsi sebagai masukan yang diolah oleh arduino. Masukan dari Switch button terhubung ke pin digital arduino. Nilai yang diberikan oleh push button akan diolah menjadi data digital oleh arduino.
2. Arduino UNO berperan sebagai kontroler yang terhubung ke setiap komponen robot pemanjat dinding. Masukan dari *push button* diproses oleh Arduino UNO menjadi data digital yang akan diteruskan ke aktuator.
3. *Driver Motor* berfungsi untuk mengatur pergerakan motor DC pada *vacuum pump* sesuai dengan arah putar dan kecepatan yang diinginkan. Arah dan kecepatan motor DC, disesuaikan dengan level tegangan yang diberikan pada *driver motor*.
4. *Vacuum Pump* berfungsi sebagai aktuator pada robot pemanjat dinding. *Vacuum pump* terdapat motor DC 12v yang bertugas mengatur kecepatan dan arah putar yang berguna untuk memberi nilai besaran tekanan udara.
5. Sensor tekanan berfungsi sebagai pendeteksi tekanan udara yang dikeluarkan oleh *vacuum pump*. Dimana, keluaran dari sensor ini berupa tekanan disimbolkan dengan KPa (Kilo Pascal).
6. *Suction cup* berfungsi sebagai telapak kaki yang robot pemanjat dinding dengan kontak langsung pada permukaan dinding. *Suction cup* dihubungkan ke motor *vacuum pump* dengan menggunakan selang berbahan silikon.
7. LED (*Light Emmiting Diode*) berfungsi sebagai indikator. Pada saat motor *vacuum pump* bekerja, sensor tekanan akan membaca tekanan yang dibutuhkan robot untuk memanjat dinding. Ketika tekanan yang dibutuhkan sesuai, maka LED akan menyala.

8. *Output* dari sistem ini adalah robot pemanjat dinding dapat menempel dengan tekanan udara dan dipastikan dapat mengangkat bobot dari robot ketika dalam posisi vertikal.

3.2. Perancangan Perangkat Lunak



Gambar gambar III.3 *Flowchart* Sistem Perangkat Lunak

Pada gambar III-3, merupakan *Flowchart* (diagram alir) dari sistem mangkuk penghisap robot pemanjat dinding. Dimulai dari inisialisasi lengan servo, kemudian menekan tombol untuk mengaktifkan motor pompa vakum belakang. LED indikator akan menyala ketika *suction cup* sudah melekat. Untuk memastikan apakah robot pemanjat dinding telah melekat, dibutuhkan sensor tekanan udara MPX5700DP untuk membaca jumlah daya hisap yang telah dilakukan oleh *vacuum pump*. Dilanjutkan dengan gerakan lengan servo untuk melakukan pergerakan, selanjutnya motor pompa vakum depan menyala. Sensor akan melakukan pengecekan, ketika sensor membaca tekanan udara berada di bawah 60 kPa, LED indikator menyala. Maka saatnya melakukan pergerakan lengan dari motor servo untuk melangkah.

4. Hasil Pengujian dan Analisis

4.1. Pengujian sistem

Pengujian pada bab ini akan dijelaskan tentang pengujian pada realisasi perangkat keras dan perangkat lunak yang bertujuan mengetahui apakah perangkat dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi beberapa subsistem, diantaranya:

1. Validasi Tekanan Udara.
2. Validasi *Vacuum Pump*.

3. Pengujian Sensor Tekanan Udara.
4. Pengujian Daya Hisap *Vacuum Pump* dengan Sensor Tekanan Udara.

4.2. Validasi Tekanan Udara

Validasi Tekanan Udara ini bertujuan untuk mengetahui kondisi tekanan udara, yang akan dijadikan setpoint pada pengujian sensor tekanan udara.

Alat Uji :

- Barometer Digital
- Microsoft Excel

Cara Pengujian :

Validasi dilakukan ditempat tinggal penulis yang bertempat di Kopo, Bojongloa Kaler, Bandung dengan cara mengukur tekanan udara dengan menggunakan barometer digital pada ruangan terbuka, pengukuran dilakukan dengan cara membiarkan alat tersebut setiap 5 menit dan catat perubahannya dalam microsoft excel.

Hasil dan Analisa :

Tekanan udara yang ada pada barometer merupakan satuan mmHg, yang kemudian dikonversikan ke dalam kPa. Nilai dari 1 mmHg adalah 0,1333 kPa maka dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$P = G \text{ mmHg} \times 0,1333 \text{ kPa/mmHg}$$

Tabel IV-1. Tabel pengukuran tekanan udara dengan barometer digital

Data ke - N	Tekanan Udara (mmHg) (G)	Tekanan Udara (kPa)
1	703,7	93,803
2	703,5	93,776
3	703,6	93,789
4	703,5	93,776
5	703,3	93,749
6	703,3	93,749
7	703,3	93,749
8	703,2	93,736
9	703,2	93,736
10	703,2	93,736
11	703,3	93,749
12	703,2	93,736
13	703,1	93,723
14	703,1	93,723
15	703,0	93,709
Rata-rata	703,3	93,749

Dari Tabel IV-1, Pengukuran tekanan udara dengan barometer digital didapat nilai rata-rata tekanan udara sebesar 703,3 mmHg, jika dikonversikan sebesar 93,749 kPa, yang kemudian data validasi ini akan digunakan sebagai setpoint untuk pengujian sensor tekanan udara.

4.3. Validasi *Vacuum Pump*

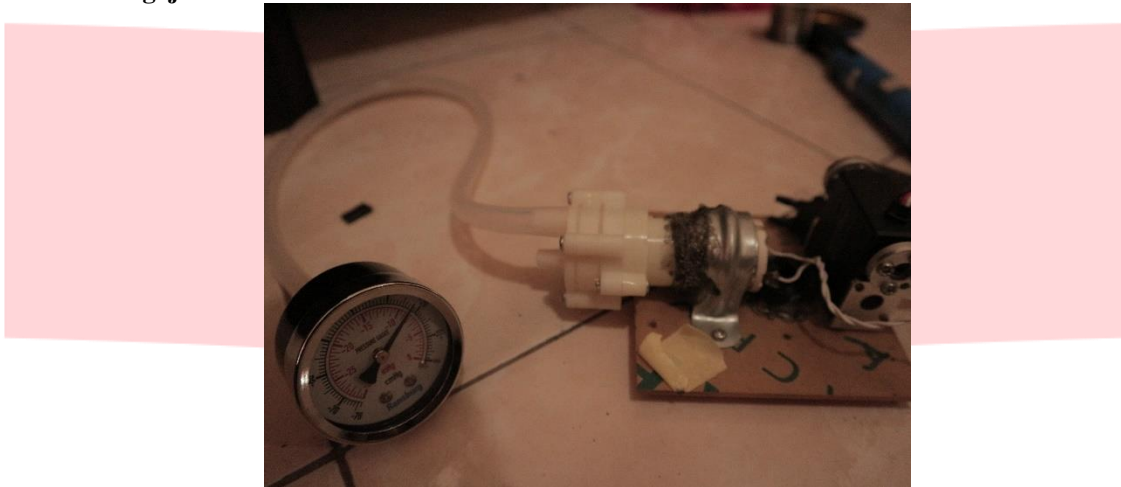
Validasi *Vacuum Pump* ini bertujuan untuk mengetahui daya hisap dari kedua *vacuum pump* dan menyesuaikan kekuatan daya hisap kedua *vacuum pump* dengan yang tertera pada spesifikasi dari *vacuum pump* tersebut.

Alat Uji :

- *Vacuum Pump*
- Manometer
- Selang Silikon

- Microsoft Excel
- Adaptor 12V DC 1,5 A

Cara Pengujian :



Gambar IV-2. Validasi *Vacuum Pump*

Seperti pada Gambar IV-2, validasi dilakukan dengan cara menghubungkan motor *vacuum pump* dengan adaptor, kemudian *vacuum pump* dihubungkan dengan selang silikon ke manometer. Nyalakan *switch button* untuk menyalakan *vacuum pump* tunggu jarum pada manometer konstan, ambil data kemudian matikan *switch button* dan ulangi.

Hasil dan Analisa :

Indikator tekanan udara pada manometer memiliki 2 satuan yaitu inHg dan mmHg. Penulis mengambil data dalam satuan mmHg yang kemudian dikonversikan ke dalam kPa. Nilai dari 1 mmHg adalah 0,1333 kPa maka dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$P = G \text{ mmHg} \times 0,1333 \text{ kPa/mmHg}$$

Tabel IV-2. Tabel pengukuran tekanan udara *vacuum pump* dengan manometer

Data ke -N	<i>Vacuum Pump A</i> (mmHg) (G)	<i>Vacuum Pump C</i> (mmHg) (G)	<i>Vacuum Pump A</i> (kPa)	<i>Vacuum Pump C</i> (kPa)
1	-230	-220	-30,659	-29,326
2	-240	-210	-31,992	-27,993
3	-220	-200	-29,326	-26,660
4	-210	-200	-27,993	-26,660
5	-200	-190	-26,660	-25,327
6	-220	-210	-29,326	-27,993
7	-230	-210	-30,659	-27,993
8	-210	-200	-27,993	-26,660
9	-200	-200	-26,660	-26,660
10	-200	-190	-26,660	-25,327
11	-210	-200	-27,993	-26,660
12	-220	-200	-29,326	-26,660
13	-210	-210	-27,993	-27,993
14	-200	-190	-26,660	-25,327
15	-200	-200	-26,660	-26,660
Rata-rata	-213,333	-202	-28,437	-26,926

Dari Tabel IV-2 dan ilustrasi pada Gambar III-1, bahwa spesifikasi pada *vacuum pump* adalah -265 mmHg dengan masukan 12V DC dan 0,5 A, jika dikonversikan sebesar -35,330 kPa. Pada validasi penulis menggunakan adaptor 12V DC dan 1,5 A, didapat rata-rata nilai daya hisap untuk *vacuum pump A* sebesar -28.437 kPa dan rata-rata nilai daya hisap untuk *vacuum pump B* sebesar -26,926 kPa.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari pengujian dan Analisa yang dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Dari hasil yang di dapat dari validasi, setiap *vacuum pump* meskipun memiliki spesifikasi yang sama namun setelah diuji memiliki tingkat daya hisap yang berbeda, *vacuum pump* A memiliki daya hisap rata-rata sebesar -28,437 kPa dan *vacuum pump* B memiliki daya hisap rata-rata sebesar -26,926 kPa.
2. Dari hasil pengujian sensor tekanan udara, dengan setpoint tekanan udara yang sudah divalidasi sebesar 93,749 kPa. Sensor A dapat membaca tekanan udara yang masuk dengan rata-rata 91,381 kPa yang berarti memiliki tingkat keberhasilan sebesar 97.47% dan Sensor C dapat membaca tekanan udara yang masuk dengan rata-rata 81,228 kPa yang berarti memiliki tingkat keberhasilan sebesar 86.64%.
3. Dari hasil pengujian waktu yang dibutuhkan *suction cup* menempel didapat rata-rata waktu oleh *suction cup* A sebesar 4,62 detik dan *suction cup* B sebesar 4,03 detik, yang berarti *suction cup* A membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan *suction cup* B.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk pengembangan selanjutnya:

1. Pada penelitian berikutnya, cobalah membuat robot pemanjat dinding dengan sistem metoda kendali lup tertutup, sehingga robot dapat mengurangi *error* dengan baik.
2. Pemilihan kerangka robot harus diperhitungkan dengan baik.
3. Mencocokkan jenis kaki yang digunakan untuk memanjat dengan bidang yang ingin dilewati robot.

Daftar Pustaka

- [1] A. Nishi. 1996. Development Of Wall-Climbing Robots (hlm. 4-7). Miyazaki: Elsevier Science Ltd
- [2] G. Muthukumar, U. Ramachandraiah. 2016. Modelling and Realization of Pneumatics based Wall Climbing Robot for Inspection Applications (hlm. 1-2). Chennai: International Journal of Engineering and Technology.
- [3] W. Hill, Richard, Gordon A. Wyse, dan Margaret Anderson. 2012. Animal Physiology, 3rd Edition. Massachusetts: Sinauer Associate.
- [4] B. Miriour . 2010. Climbing and Walking Robots. India: In-Teh.
- [5] Septiansyah, Fauzan Dwi. 2017. Rancang Bangun Kendali Pada Robot Pemanjat Dinding, Universitas Telkom.
- [6] Navaprakash N, dan kawan kawan. 2018. Modeling and Experimental Analysis of Suction Pressure Generated by Active Suction Chamber Based Wall Climbing Robot with a Novel Bottom Restrictor. Chennai : International Conference on Robotics and Smart Manufacturing.