

Studi literatur : Pengaruh penggunaan *Brushless Direct Current* (BLDC) Motor terhadap kinerja Robot Lengan

Alam Sulthonie Habibie

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: alamhabibie@mhs.unesa.ac.id

Nur Kholis, Farid Baskoro, Endryansyah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: nurkholis@unesa.ac.id, faridbaskoro@unesa.ac.id, endryansyah@unesa.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan penggunaan *robot arm* dibidang industri sangat tinggi untuk menunjang produktifitas dan efisiensi sehingga perlu untuk digali kekurangan maupun hal yang perlu diperbaiki. Indonesia merupakan negara dengan industri yang cukup tinggi sehingga perhatian terhadap efisiensi pada industri sangat penting. *Brushless Direct Current* (BLDC) motor dapat digunakan sebagai opsi untuk meningkatkan kinerja *robot arm* sehingga memiliki efektivitas yang lebih baik dan tentunya menunjang industri yang lebih baik. Oleh karena itu tujuan penulisan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan BLDC motor terhadap robot artikulasi. Variable yang digunakan dalam penelitian ini adalah, *speed range*, dan *torque* Metode penelitian yang digunakan adalah *literature review* yang dilakukan dengan cara mengumpulkan referensi melalui berbagai jurnal yang relevan dengan penelitian. Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan bahwa robot artikulasi dengan BLDC memiliki *speed range* dan *torque* yang baik, begitu juga *output power* serta *range of movement* yang baik, dibandingkan dengan *robot arm* dengan *brushed motor* pada umumnya. Pada robot untuk kepentingan operasi dapat memiliki kecepatan hingga 160 rpm, dan torsi sebesar 20 Nm dengan beban hingga 5 kg, sedangkan pada robot arm lainnya pada algikultur memiliki kecepatan hingga 4600 rpm dan torsi 2.2 Nm, untuk *output power* dan *range of movement* sangat baik namun tidak dijelaskan dengan angka. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan BLDC pada *robot arm* memberikan pengaruh yang lebih baik agar dapat meningkatkan produktifitas serta efisiensi di bidang industri.

Kata Kunci: Robot lengan, *Brushed motor*, BLDC motor

ABSTRACT

The need for using robotic arms in the industrial sector is very high to support productivity and efficiency, so it is necessary to explore deficiencies and things that need to be improved. Indonesia is a country with a high enough industry so that attention to efficiency in industry is very important to pay attention to. BLDC can be used as an option to improve the performance of the robot arm so that it has better effectiveness and certainly supports a better industry. Therefore, the purpose of this research is to analyze the effect of using a BLDC motor on the articulation of the robot. The variables used in this study are, speed range, and torque. The research method used is a literature review which is done by collecting references through various journals relevant to the research. The results obtained indicate that the articulation of the robot with BLDC has a good speed and torque range, as well as output power and a good range of movement compared to a robot arm with a brushed motor in general. The robot for operating purposes can have a speed of up to 160 rpm, and a torque of 20 Nm with a load of up to 5 kg, while the other robot arm in algiculture has a speed of up to 4600 rpm and a torque of 2.2 Nm, for power output and range of motion it is very good but not explained by numbers. So it can be said that the use of BLDC on the robotic arm provides a better effect in order to increase productivity and efficiency in the industrial sector.

Keyword: Arm robot, Brush motor, BLDC motor

PENDAHULUAN

Istilah robot berasal dari bahasa Ceko, yaitu *robota*, yang artinya yaitu "kerja paksa". Hal ini seperti yang terjadi pada industri dengan bantuan robot, dimana mereka "dipaksa bekerja", (Thomas dkk, 2013). Hampir semua robot di dunia dirancang dan dikembangkan untuk alat berat, dan pekerjaan

manufaktur yang berulang. Robot digunakan untuk mengerjakan tugas-tugas yang sulit, berbahaya, rawan cidera atau kecelakaan, rumit atau membosankan bagi umat manusia, (Thomas dkk, 2013). Robot merupakan suatu alat dengan sistem elektromekanis yang kompleks, dimana beberapa penggerak elektrik digunakan untuk mengontrol gerakan struktur artikulasi. Desain sumbu sistem kontrol untuk robot dapat sangat difasilitasi oleh *electric drive*, yang dapat

menirukan gerakan pada motor penggerak, pengurang kecepatan, mekanis model lengan, dan pengontrol pada diagram yang sama, (Thomas dkk, 2013).

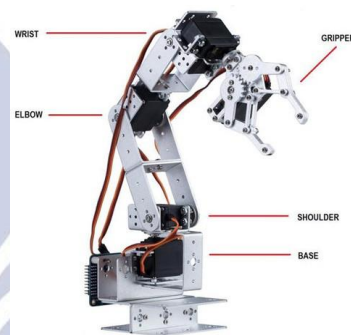
Robot arm adalah robot yang paling umum digunakan dalam manufaktur. Terdapat tujuh segmen logam bergabung dengan enam sendi membuat lengan robot yang khas, (Patel, 2015). Motor stepper individu yang terhubung ke setiap sambungan adalah cara robot agar dapat dikendalikan oleh komputer. Motor stepper dapat bergerak dengan presisi, tidak seperti motor biasa, sehingga memungkinkan komputer untuk menggerakkan lengan dengan sangat tepat. Jadi tepatnya gerakan yang sama dapat diulang berulang-ulang. Sensor gerak digunakan oleh robot untuk bergerak dengan jumlah yang banyak, (Patel, 2015). *Robot arm* merupakan robot yang dapat dengan mudah untuk diprogram. Fungsi lengan robot mirip dengan lengan manusia. Lengan robot memiliki fungsi yang sama satu sama lain baik dari mekanisme atau mungkin menjadi bagian dari robot yang lebih kompleks, (Omijeh, 2014). Tautan manipulator semacam itu dihubungkan oleh sambungan yang memungkinkan baik gerakan rotasi (seperti dalam kasus robot artikulasi) atau gerakan translasi. Tautan dari manipulator membentuk rantai kinematik. Bagian terakhir rantai kinematik manipulator disebut sebagai ujung efektor dan setara dengan tangan manusia. Penggunaan robot industri berkembang di berbagai bidang seperti makanan dan minuman, barang konsumsi, kayu, plastik dan elektronik, tetapi masih banyak digunakan di industri mobil, (Omijeh, 2014).

Saat ini banyak industri yang menggunakan robot artikulasi sebagai penunjang produktivitas kerja agar mendapatkan keuntungan yang maksimal, dengan meminimalkan jumlah tenaga manusia. Namun penggunaan robot arm dengan *brush* atau tanpa *brush* memiliki beban motor yang lebih tinggi, densitas daya yang lebih tinggi, kecepatan yang kurang maksimal serta membutuhkan *maintenance* yang lebih sering. Maka dari itu penggunaan BLDC motor dalam *robot arm* perlu digali lebih jauh sehingga dapat diketahui efek apa saja yang diberikan agar *robot arm* dapat lebih efisien, (Yedamale, 2003). BLDC motor adalah salah satu jenis motor dengan popularitas yang tinggi saat ini. BLDC motor digunakan pada industri seperti otomotif, *aerospace*, *consumer*, medis, automasi industri dan lain sebagainya. Seperti namanya, BLDC motor tidak menggunakan sikat pada komutasinya, akan tetapi merek menggunakan komutasi elektronik. BLDC motor memiliki banyak kelebihan, diantaranya adalah kecepatan dan torsi yang lebih baik, respon dinamis yang tinggi, efisiensi yang tinggi, dapat digunakan hingga waktu yang lama, tidak bising, serta range kecepatan yang sangat tinggi, (Yedamale, 2003).

Dengan adanya robot artikulasi perusahaan dapat menghasilkan produk dengan cepat dan kuantitas yang banyak. Namun robot artikulasi memiliki kekurangan berupa beban motor yang berat pada sendinya, sehingga gerakan yang dihasilkan kurang optimal seperti lebih berat dan memiliki jangkauan yang

kurang jauh. BLDC motor merupakan motor jenis terbaru yang mempunyai densitas daya tinggi, sehingga penggunaan BLDC motor diharapkan mampu untuk meningkatkan performa pada robot.

Lengan robot digunakan untuk berbagai aplikasi pada industri, mulai dari pengelasan, penanganan material, penyemprotan termal, hingga pengecatan dan pengeboran. Teknologi robotik juga didesain memiliki ketangkasan dalam berbagai lingkungan seperti manusia. Hal ini diaplikasikan dalam lingkungan seperti servis pembangkit listrik tenaga nuklir, pengelasan, dan memperbaiki jaringan pipa di dasar laut, servis jarak jauh dari saluran listrik utilitas, atau pembersihan radioaktif dan limbah berbahaya lainnya, (Kruthika & Lakshminarayanan, 2016).



Gambar 1. Komponen robot lengan, (Ramon, 2014).

Robot lengan terdiri dari *base*, *shoulder*, *elbow*, *wrist* dan *grip*. Ribuan jenis lengan tersedia di pasar dan dikembangkan oleh perusahaan yang berbeda. Penggunaan industri robot lengan saat ini banyak digunakan untuk keperluan yang tidak biasa; digunakan pada beberapa kondisi di mana manusia tidak dapat bekerja pada hal tersebut. Seperti pada suhu tinggi, zona udara tercemar, angkat berat dan lain sebagainya. Robot lengan juga digunakan pada tempat kerja dengan akurasi tinggi di mana kesalahan tidak diperbolehkan. Robot lengan mengatur tugas dan melakukannya secara akurat di berbagai lingkungan, memiliki akurasi, kecepatan serta percepatan yang berbeda tergantung dimana ia digunakan. Lengan robot industri berbeda dengan ukuran benda tetap, jenis sambungan, urutan sambungan yang terhubung dan rentang gerak yang dapat diterima pada setiap sendi, (Ramon, 2014; Cheng & Lu, 2017). Sebelum menggunakan BLDC, robot lengan banyak menggunakan *brush* motor sehingga memiliki beban yang berat, akurasi yang kurang, kecepatan yang kurang, serta pemeliharaan yang sering.

Brush motor merupakan motor listrik dengan menggunakan sistem mekanis *commutated* dengan sumber arus searah atau *direct current* (DC). Motor *brushed* DC memiliki beberapa komponen utama untuk dapat mengkonversikan energi listrik menjadi energi mekanik yaitu stator, rotor dan sistem komutasi mekanis. Stator dalam motor *brushed* DC ini kebanyakan berupa magnet permanen, (Maheriya, dan

Parikh, 2016). Namun terkadang juga ada yang berupa dalam bentuk kumparan yang berada pada inti besi. Rotor pada motor jenis ini biasanya berupa kumparan yang digulung dalam suatu inti besi. Sedangkan motor ini menggunakan sistem *mechanical commutated* yang mana ada sepasang *brushed* terbuat dari karbon yang bersentuhan dengan komutator. Adapun fungsi komutator yaitu menghubungkan daya dari sumber arus searah terhadap kumparan. Pada dasarnya prinsip kerja dari motor *brushed* DC dimulai jika arus lewat pada suatu konduktor melingkar sehingga timbul medan magnet di sekitar konduktor. Timbulnya medan magnet ini memicu adanya dorongan dan tarikan antara rotor dan stator sehingga menimbulkan gaya. Akibat adanya gaya ini sehingga timbul torsi yang membuat motor berputar dengan kecepatan, (Maheriya, dan Parikh, 2016).

BLDC motor dikenal sebagai *electronically commutated motors*, yaitu sebuah tipe motor sinkron yang memakai sumber listrik dengan arus searah sebagai sumber tenaganya. Arus searah yang digunakan umumnya bersumber dari arus *alternate current* (AC) yang diubah menjadi DC. (Procter & Secco, 2021). Bagian dari motor BLDC dibagi menjadi 2 yaitu stator dan rotor. Stator dalam motor BLDC merupakan bagian yang tidak bergerak yang terdiri dari kumparan 3 fasa yang terlamina terhadap inti besi. Sedangkan rotor merupakan bagian yang bergerak atau berputar, berbentuk kumpulan dari beberapa magnet permanen, (Yedamale, 2003).



Gambar 2. BLDC motor, (Yedamale, 2003).

Karena motor ini tanpa menggunakan brush, sehingga untuk dapat menentukan timing komutasi memerlukan 3 buah hall sensor. Hall sensor ini berfungsi sebagai penentu posisi rotor yang nantinya dilaporkan terhadap controller untuk pemasukan daya listrik terhadap motor, (Hudha, 2014).

Pada dasarnya prinsip kerja dari motor BLDC cukup sederhana, yaitu magnet yang berada pada rotor motor akan tertarik dan terdorong oleh gaya elektromagnetik yang diatur oleh controller dengan bantuan driver pada motor BLDC. Selanjutnya gaya elektromagnetik ini mendorong silinder berlubang sehingga timbul adanya torsi untuk menggerakkan motor dengan kecepatan, (Yedamale, 2003). Dalam pengoperasiannya motor BLDC ini tidak dapat langsung dihubungkan terhadap sumber arus DC. Motor ini memerlukan sistem kontrol yang nantinya akan mengatur timing komutasi. Agar dapat berputar

sejauh 360° BLDC motor memiliki enam step komutasi, (Yedamale, 2003).

METODE

Metode yang digunakan pada penulisan penelitian ini ialah berupa *literature review*. *Literature review* merupakan sebuah metode yang dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari jurnal, buku, artikel serta referensi lainnya yang relevan dengan penelitian. Hasil penelitian memiliki rujukan dari *Google scholar*, *Scimago*, *Research gate*, dan lain sebagainya yang dikumpulkan dan ditelaah secara bertahap.



Gambar 3. Metode penelitian dalam pengumpulan data.

Tahap I: Proses seleksi yang dilakukan dengan cara menseleksi judul artikel yang tidak sesuai dalam pencarian data dengan jumlah artikel yang diseleksi sebanyak 50 artikel maupun jurnal. Abstraksi artikel yang dipilih lalu dianalisis lebih lanjut untuk memastikan kesesuaian atau relevan dengan penelitian atau kriteria inklusi.

Tahap II: Pada seleksi artikel tahap II dilakukan tinjauan artikel lebih dalam atau secara penuh untuk mencegah terjadinya keraguan terhadap artikel maupun jurnal yang dipilih. Pada tahap ini terdapat 10 artikel atau jurnal yang terpilih.

Tahap III: Proses selanjutnya adalah memilih studi yang paling relevan untuk ditinjau. Semua artikel yang memenuhi kriteria inklusi ditinjau secara utuh, terdapat 3 artikel yang terpilih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan jurnal yang dibuat oleh Procter dan Secco (2021); Muniraj dkk (2020); serta buku yang dibuat oleh perusahaan microchip yang ditulis oleh Yedamale (2003); menjelaskan bahwa pada dasarnya penggunaan BLDC motor pada robot lengan dapat memiliki efek yang signifikan pada robot. Uraian hasil penelitian yang menjadi rujukan akan dibahas detail satu persatu terkait pengaruh BLDC motor pada robot lengan.

Penelitian Procter dan Secco (2021)

Penelitian yang dilakukan pada tahun 2021 oleh Procter dan Secco dengan judul "*Design of Biomimetic BLDC Driven Robotic Arm for Teleoperation and Biomedical Application*" menjelaskan tentang penggunaan BLDC drives pada robot lengan yang aplikasikan dalam bidang medis. Pada penelitian ini, peneliti membuat sebuah desain alat dan menilai kecepatan serta torsi yang dihasilkan untuk alat operasi pada sendi *glenohumeral*.

Tabel di bawah menjelaskan tentang parameter BLDC motor yang digunakan, Semakin lebar BLDC *outrunner motor*, semakin besar *R-gap*. Semakin besar *R-gap*, maka semakin tinggi torsi *output* dan menurunkan kecepatan *output*. Nilai torsi terukur adalah nilai rata-rata yang disediakan pabrikan. Nilai torsi motor adalah hasil dari voltase dan daya yang disuplai.

Tabel 1. Parameter BLDC motor (Procter dan Secco, 2021).

Tarot 4008 330kv BLDC motor	
Speed Constant (Kv)	330 [rpm/V]
Max Current	25 A
Max Voltage	24 V
Mass	80 gr
Price	32 £
Rated Torque	0.63 [Nm]

Dengan berat motor BLDC yang hanya 80 gram dapat menghasilkan torsi sekitar 20 Nm, dengan kecepatan pada sumbu sekitar 160 rpm dan mengkonsumsi daya secara kontinu sebesar 960 W terbatas dengan suplai dan bisa sampai 2400 W (dengan 4 motor yang diaktifkan secara bersamaan) maka, hasil demikian menunjukkan torsi yang besar, kecepatan yang tinggi walaupun dengan massa yang relatif kecil dibandingkan dengan *stepper motor*.

Tabel 2. Hasil secara keseluruhan dari BLDC motor pada robot lengan (Procter dan Secco, 2021).

High-Power BLDC Driven Robotic Arm	
Torque at each joint	up to 20 [Nm]
Payload	up to 5 kg (pending test)
Speed at each axis	up to 160 rpm
Backlash at each axis	0.6°
Maximum continuous Power	960 W (power supply limited)
Theoretical Maximum Power Draw	2400w (all 4 motors 100% engaged)
Cost	~ 500 £

Untuk itu penggunaan BLDC motor pada alat operasi ini menunjukkan hasil kecepatan dan torsi yang unggul dibandingkan motor *stepper* beberapa kali dari ukuran dan beratnya, meskipun dengan daya yang sangat signifikan. Kecepatan dan kekuatan BLDC melalui *gearbox* reduksi tinggi memungkinkan sangat cepat dan responsif, gerakan demikian sangat menunjang sebagai alat operasi, sehingga dapat dengan mudah melakukan gerakan kompleks dengan kecepatan tinggi, dibandingkan dengan tangan manusia

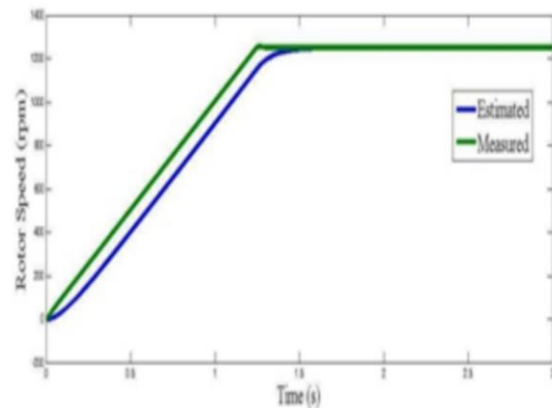
Penelitian Muniraj dkk (2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Muniraj dkk pada tahun 2020 menjelaskan tentang pembuatan robot agrikultur menggunakan BLDC.

Tabel 3. Parameter Motor BLDC pada robot agrikultur (Muniraj dkk, 2020).

Parameters	Values
Rated Load Torque	2.2 Nm
Rated Speed	4600 rpm
Rated Voltage	220Vac

Dan berikut merupakan gambar hasil dan estimasi kecepatan rotor.

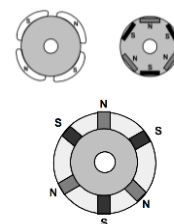


Gambar 4. Hasil dan estimasi kecepatan rotor, (Muniraj dkk, 2020).

Torsi yang dihasilkan BLDC motor pada robot lengan tersebut menunjukkan torsi yang cukup besar sebesar, yaitu 2.2 Nm. Kecepatan pada robot lengan yang dihasilkan pada penelitian tersebut menunjukkan kecepatan diluar estimasi yang diinginkan dimana kecepatan tersebut sekitar 4600 rpm, ditunjukkan dengan warna hijau, berada diatas estimasi yang berwarna biru. penggunaan BLDC motor memberikan kemampuan pada robot berupa ukuran yang lebih kecil, keandalan yang tinggi, kompleksitas *hardware* yang rendah, hasil yang memuaskan dengan rentang kecepatan tinggi serta *range* gerakan yang luas.

Buku fundamental BLDC motor oleh Yedamale (2003)

Berdasarkan buku oleh perusahaan microchip yang ditulis oleh Yedamale (2003), menjelaskan detail tentang BLDC motor, kelebihan dan pengaruhnya terhadap robot arm dibandingkan dengan motor lain seperti *brushed motor*.



Gambar 5. Magnet rotor pada BLDC motor.

BLDC motor memberikan pengaruh yang signifikan pada robot lengan karena pada BLDC motor tidak menggunakan *brushed* sehingga tidak menghasilkan friksi. Jika friksi tidak ada, maka efisiensi yang diperoleh akan tinggi. Selain itu rotor pada BLDC motor tidak menggunakan *winding* atau gulungan pada rotornya, hal ini menjadikan beban rotor lebih ringan. Di sisi lain BLDC motor menghasilkan daya magnet yang lebih tinggi dikarenakan BLDC motor menggunakan magnet permanen.

Perbandingan diatas menjelaskan bahwa penggunaan BLDC motor dapat sangat mempengaruhi robot lengan baik dari segi kecepatan, torsi, daya, perawatan dan lain sebagainya, sehingga penggunaan BLDC motor sangat baik dan efisien terhadap segala aspek yang ada pada robot lengan.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh 1) Stuart Procter dan Emanuele Lindo Secco pada tahun 2021; 2) Yedamale, P. pada tahun 2003. Maka uraian hasil penelitian di atas tentang penjabaran dari pengaruh BLDC motor pada robot lengan, didapatkan hasil kesimpulan dari tiap bahasan penelitian yang dapat dilihat di tabel 5:

Tabel 4. Perbandingan penggunaan BLDC motor dibandingkan brushed motor, (Yedamale, 2003).

Fitur	BLDC Motor	Brushed DC Motor
Komutasi	Komutasi elektronik	Komutasi sikat
Perawatan umur	Perawatan jarang karena tidak ada sikat Lebih Lama	Perawatan berkala sangat diperlukan Lebih Singkat
Karakteristik kecepatan/ Torsi.	Datar, Memungkinkan pengoperasian pada semua kecepatan dengan beban terukur.	lumayan datar, pada kecepatan tinggi, gesekan sikat meningkat, sehingga mengurangi torsi.
Efisiensi	Tinggi – Tidak ada penurunan daya, karena tidak ada sikat.	Sedang.
Keluaran daya	Tinggi	Sedang/ rendah
Rotor Inersia	Rendah, karena menggunakan permanent magnet, ini menyebabkan peningkatan respons dinamis.	Lebih tinggi, Rotor Inersia yang lebih tinggi membatasi karakteristik dinamis.
Rentang kecepatan	Lebih Tinggi – tidak ada Batasan mekanikal dikarenakan tidak adanya <i>brush</i>	Lebih Rendah – Batasan mekanikal dibatasi oleh <i>brush</i>
Kebisingan listrik	rendah	dihasilkannya percikan listrik sehingga menyebabkan gangguan elektromagnetik pada peralatan sekitar
Biaya Pembuatan	Lebih tinggi – Karena pembuatan menggunakan permanent magnet, Biaya pembuatan lebih tinggi.	Rendah
Kontrol	Rumit dan Mahal	Mudah dan Murah.
Kebutuhan kontroller	Kontroller sangat diperlukan untuk menjaga motor tetap bekerja. Kontroller yang sama dapat digunakan untuk <i>variable speed control</i>	Tidak ada kontroller yang diperlukan untuk kecepatan yang tetap. diperlukan Ketika <i>variable speed</i> diperlukan.



Tabel 5. Tabel perbandingan data tiap penelitian

No	Penulis (Tahun) Judul	Metode	Hasil
1	Stuart Procter, dan Emanuele Lindo Secco 2021. <i>Design of a Biomimetic BLDC Driven Robotic Arm for Teleoperation & Biomedical Applications</i>	Tujuan : untuk menganalisis spesifikasi dan performa motor BLDC pada lengan robot untuk operasi lengan manusia. Motor: BLDC motor Variabel: Torsi, kecepatan, gerakan, kekuatan	Hasil : Performa BLDC motor pada robot lengan sangat bagus karena hanya dengan bobot yang rendah bisa menghasilkan daya yang tinggi.
2	Muniraj M., Arulmozhiyal R., Ilakia T. (2020). <i>Development of sensorless control of BLDC actuator for agricultural robotic arm. International Journal of Science and Technology Research</i> 9:4	Tujuan : untuk menganalisis kecepatan, torsi serta range movement pada robot yang digunakan dalam argikultur. Motor: BLDC motor Variabel: Torsi, kecepatan, range gerakan	Hasil : BLDC motor memberikan pengaruh yang signifikan berupa kecepatan yang tinggi, torsi yang besar serta gerakan atau <i>range of movement</i> yang luas pada robot argikultur dibandingkan dengan estimasi yang ditentukan.
3.	Yedamale, P. (2003). <i>Brushless DC (BLDC) motor fundamentals. Microchip Technology Inc, 20(1), 3-15.</i>	Tujuan : untuk menganalisis perbandingan antara beberapa motor, Perbandingan antara BLDC motor dengan <i>Brushed</i> DC motor dan AC induction motor. Motor: BLDC, <i>Brushed</i> , Induction motor Variabel: <i>Output power, speed range.</i>	Hasil : BLDC motor mempunyai <i>output power</i> yang sangat tinggi diandingkan motor <i>brushed</i> DC motor dan AC <i>induction</i> motor, dikarenakan tidak menggunakan sikat pada komutasinya, sehingga tidak adanya friksi. dan menggunakan permanent magnet pada rotornya yang menghasilkan medan magnet yang lebih kuat dibandingkan dengan <i>winding</i> rotor.

Dari tabel 5 dapat dilihat hasil pengujian tiap – tiap penelitian dimana rerata hasil menunjukkan bahwa penggunaan BLDC motor pada robot lengan menunjukkan bahwa BLDC motor menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan motor jenis lain, seperti motor *brushed* DC maupun AC *induction* motor.

PENUTUP

Simpulan

Setelah melakukan peninjauan dari pembahasan berbagai artikel diatas maka dapat disimpulkan bahwa robot artikulasi dengan BLDC memiliki *speed range* dan *torque* yang baik, begitu juga *output power* serta *range of movement* yang baik pula dibandingkan dengan *robot arm* dengan *brushed* motor pada umumnya. Pada robot untuk kepentingan operasi dapat memiliki kecepatan hingga 160 rpm, dan torsi sebesar 20 Nm dengan beban hingga 5 kg, sedangkan pada robot arm lainnya pada algikultur memiliki kecepatan hingga 4600 rpm dan torsi 2.2 Nm, untuk *output power*

dan *range of movement* sangat baik namun tak dijelaskan dengan angka. Sehingga terdapat pengaruh antara penggunaan BLDC motor pada robot artikulasi,

Saran

Untuk meningkatkan Akurasi atau presisi dari robot artikulasi maka lebih baik digunakan sensor tambahan untuk mengetahui posisi lengan atau sendi robot, seperti *hall effect sensor* ataupun *rotary encoder*.

Daftar Pustaka

- Bindu A Thomas. 2013. *Industry based automatic robotic arm* International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 2, Issue 11.
- Cheng C.-C. dan C.-C. Lu. 2019. *Robotic arm control based on internet of things*, IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT).
- Hudha R. P. S. W. 2014. *Perancangan dan uji performa axial flux permanent magnet coreless*

brushless direct curent motor. Jurnal Teknik POMITS Vol. 1, No 1.

Kruthika K.,B.M. Kiran Kumar dan Sanjay Lakshminarayanan. 2017. *Design and development of a robotic arm* International Conference on Circuits, Controls, Communications and Computing (I4C).

Maheriya, SC., Parikh, PA. 2016. *A review: modelling of brushed motor DC and various type of control method*. Journalforresearch 1:12;4

Muniraj M., Arulmozhiyal R., Ilakia T. 2020. *Development of sensorless control of BLDC actuator for agricultural robotic arm*. International Journal of Science and Technology Research 9:4

Omijeh B.O. 2014. *Design analysis of a remote controlled “pick and place” robotic vehicle*, International Journal of Engineering Research and Development, Volume 10, Issue 5, PP.57-68

Ramon, M.C. 2014. *Assembling and controlling a robotic arm*. In: *intel® galileo and intel® galileo gen 2*. Apress, Berkeley, CA.

Sanketkumar R. Patel. 2015 *A review on design and analysis of pick and place robot using vacuum Ggripper* International Journal for Scientific Research & Development (IJSRD) Vol. 3, Issue 04.

Yedamale, P. 2003. *Brushless DC (BLDC) motor fundamentals*. Microchip Technology Inc, 20(1), 3-15

