

Pengendalian Motor Stepper Sebagai Penggerak Mesin Pengukur Kontur Material Berbasis

PLC FX3U-14MR

Wahyu Wisudatama¹, Mohammad Mulia²

^{1,2}*Sekolah Tinggi Teknik Duta Bangsa Bekasi*

^{1,2}*Jl. Kalibaru Timur, Kel. Kalibaru, Kec. Medan Satria, Kota Bekasi, Jawa Barat 17133*

wwisudatama@gmail.com¹, mochammad.mulia@sttdb.ac.id²

Abstrak - Tujuan dari pembuatan alat ini adalah merancang, membuat, dan menguji Pengendalian Motor Stepper Sebagai Penggerak Mesin Pengukur Kontur Material Berbasis PLC FX3U-14MR. Alat ini diharapkan mendapatkan hasil pergerakan yang *smooth* untuk mendukung pengukuran kontur dari sebuah material.

Dalam kegiatan ini kami melakukan perencanaan, pembuatan, pengujian dan analisa terhadap perangkat keras dan juga perangkat lunak agar mampu bekerja sesuai yang diharapkan.

Kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian adalah Pengendalian Motor Stepper Sebagai Penggerak Mesin Pengukur Kontur Material Berbasis PLC FX3U-14MR ini mampu bekerja sesuai dengan proses dan rancangan. Pengendalian yang dilakukan yaitu bergerak setiap 1 mm/detik.

Kata kunci: Pengendalian, Kontur Material, Motor Stepper, PLC FX3U

I. PENDAHULUAN

Persaingan pasar dan kebutuhan akan pemenuhan standar nasional maupun internasional mengharuskan setiap industri menjadikan kualitas sebagai unsur terpenting dalam proses produksi. Perkembangan teknologi dan informasi yang semakin pesat, khususnya dalam dunia industri, membuat beberapa industri menggunakannya untuk menjamin kualitas produk yang mereka hasilkan. Akan tetapi penerapan teknologi untuk menjamin kualitas produk ini masih menggunakan cara konvensional sehingga masih menggunakan tangan manusia yang memerlukan konsentrasi tinggi serta waktu yang lama.

Salah satu proses produksi untuk menjamin kualitas suatu produk adalah proses *Quality Control (QC)*. Proses ini biasanya dilakukan di setiap proses produksi, mulai dari *raw material*, *assembling product*, *finishing product sampai pre-delivery product*. Material Produk yang akan diassembling memerlukan jaminan atas kualitas material tersebut apakah sudah sesuai dengan standar yang diperlukan atau belum. Salah satu pengecekan yang dilakukan adalah pengecekan kontur dari suatu material yang akan diassembling. Pengecekan kontur material ini secara konvensional dilakukan oleh manusia menggunakan alat ukur yang konvensional juga. Ini tentunya membutuhkan waktu yang lama dan juga tergantung dengan kondisi konsentrasi dari operator QC tersebut. Akibatnya kontur yang dihasilkan bisa bervariasi dan kontur material yang dihasilkan juga terbatas.

Penggunaan mesin pengukur mutlak diperlukan sebagai solusi dari masalah tersebut. Mesin ini mengandalkan sensor untuk mengukur kontur material sehingga kecil kemungkinan kesalahan yang dihasilkan dari proses pengukurannya. Otomatisasi dalam Gerakan pengukurannya juga mempersingkat waktu yang diperlukan dan tentunya mengurangi operator yang seharusnya melakukan pengukuran kontur tersebut secara manual.

PLC atau *Programmable Logic Controller* adalah salah satu produk otomasi yang banyak digunakan dalam dunia industri otomasi. Pemilihan PLC tentunya dengan melihat kelebihan yaitu relatif mudah, ketahanannya jauh lebih baik, lebih murah, mengkonsumsi daya lebih rendah, mendeteksi kesalahan lebih mudah dan cepat, sistem pengkabelan lebih sedikit, serta perawatan yang mudah. Dengan alat ini akan mempermudah dalam pembuatan mesin pengukuran kontur material secara otomatis. Pengoperasian mesin ini pun akan dibuat semudah mungkin dalam penggunaannya. PLC Mitsubishi FX5U akan digunakan sebagai kontroler yang mengatur proses otomasi mesin ini.

Proses penyimpanan hasil pengukuran juga salah satu poin penting dalam sebuah proses QC. Ini diperlukan sebagai salah satu sarana lot tracing atau Analisa masalah ketika terjadi masalah pada kualitas produk. Dengan adanya penyimpanan dalam database atau perangkat penyimpanan akan memudahkan penemuan akar masalahnya. Perangkat Komputer yang dihubungkan ke PLC akan melakukan proses penyimpanan hasil pengukuran ini.

II. LANDASAN TEORI

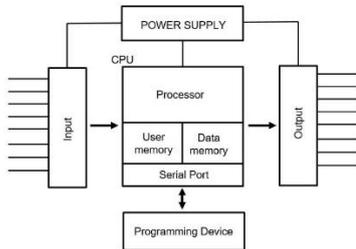
A. Sistem Kontrol

Sistem kontrol adalah sistem pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa variabel atau parameter sehingga tetap berada dalam rentang nilai tertentu.

Ini dapat dianggap sebagai kumpulan metode yang dipelajari dari kebiasaan kerja manusia, di mana pengamatan kualitas dari pekerjaan dilakukan untuk memastikan karakteristiknya sesuai dengan yang diharapkan. Secara keseluruhan, sistem kontrol adalah kombinasi komponen yang saling terhubung dan bekerja secara terus menerus untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

B. PLC (Programmable Logic Controller)

PLC (Programmable Logic Control) adalah sebuah sistem kendali squencer elektronik yang menggunakan program – program yang dibuat dengan perangkat komputer dalam bentuk *ladder*, yang dapat menghasilkan sebuah sistem kontrol yang lebih efektif, efisien, dan berkecepatan tinggi.



Gambar 1. Komponen-komponen PLC

PLC terdiri dari 5 komponen penting, fungsi dari masing-masing komponen tersebut adalah sebagai berikut:

1. Komponen *Input*

Komponen ini berfungsi untuk menerima masukan dari berbagai perangkat baik itu berupa sinyal digital maupun sinyal *analog*. *Input* sinyal digital atau *input* ON/OFF bisa diambil dari saklar, tombol maupun perangkat sensor yang memiliki output digital. Sedangkan *input analog* bisa berupa sensor ataupun transducer dengan keluaran *analog*, biasanya berupa tegangan 0-5V atau 0-10V ataupun berupa arus 4-20mA.

2. Komponen *processing unit* atau CPU

Komponen ini berfungsi untuk memproses sinyal *input* yang didapatkan dari bagian *input* untuk selanjutnya dimanipulasi sesuai dengan kerja ataupun keluaran yang diharapkan. Untuk menghasilkan output yang diharapkan PLC ini perlu deprogram menggunakan komputer maupun perangkat bawaan dari *maker*.

3. Komponen Memori

Komponen ini berfungsi untuk menyimpan data maupun program yang sudah dibuat melalui *programming device*.

4. Komponen Catu daya (Power supply)

Komponen ini berfungsi untuk menerima arus dari sumber tegangan untuk kemudian dialirkan ke seluruh komponen PLC

5. Komponen Output

Komponen ini berfungsi untuk menghubungkan PLC dengan perangkat penggerak, bisa berupa *Relay*, *magnetic contactor*, *solenoid valve* maupun perangkat *display* seperti lampu dan lain-lain.

C. GX Works 2

Komponen CPU yang terdapat di dalam sebuah PLC, dalam pelaksanaan tugasnya memerlukan program *ladder*. Program ini yang akan di buat melalui sebuah *programming device* berupa komputer. *Software* atau perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sebuah project ladder pada Mitsubishi PLC FX3U adalah GX Works 2 yang merupakan *software* keluaran Mitsubishi sendiri.

GX Works 2 ini memiliki 4 jenis bahasa program. Dari ke empat jenis Bahasa program tersebut, *Ladder* diagram adalah Bahasa yang sering digunakan pada dunia

Pendidikan maupun industri. Berikut sekilas penjelasan Bahasa program yang ada di GX Works 2 :

1. *Ladder Diagram* (Diagram Tangga)
2. *Structured Text* (Teks yang terstruktur)
3. *Function Block Diagram*
4. *Sequential Function Chart*

D. Driver Motor Stepper

Driver motor stepper adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk menggerakkan motor *stepper*. Pada prakteknya *motor driver* ini tidak akan bisa menggerakkan motor *stepper* tanpa ada komponen pengontrol penghasil pulsa seperti mikrokontroler, PLC dan lain-lain.

Driver motor stepper ini sangat diperlukan untuk menggerakkan motor stepper, karena controller seperti PLC maupun mikrokontroler tidak bisa menghasilkan arus yang besar untuk menggerakkan motor *stepper*.

Fitur dari driver motor stepper :

- a. Memberikan torsi optimal dan menghilangkan ketidakstabilan jarak menengah
- b. Teknologi identifikasi motor otomatis dan teknologi parameter otomatis, menawarkan respon optimal yang berbeda dengan motor lain
- c. *Multi-stepping* memungkinkan input langkah beresolusi rendah untuk menghasilkan output microstep yang lebih tinggi, sehingga gerakan motor lebih halus
- d. Tidak ada lonjakan saat dihidupkan



Gambar 2. Driver Motor Stepper

E. Linear Actuator kit

Linear actuator adalah alat yang mengubah gerakan rotasi dari motor listrik menjadi gerakan linear, baik itu dorongan atau tarikan. *Linear actuator* listrik dapat diterapkan di berbagai tempat, seperti dalam mesin untuk mendorong atau menarik beban, mengangkat atau menurunkan beban, mengatur posisi kasar dari beban, atau memutar beban. Saat ini, *linear actuator* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi dan memberikan manfaat luas di berbagai bidang, terutama dalam industri seperti transportasi, manufaktur, dan robotika. Dalam penelitian ini, sistem pergerakan untuk mengangkat Dudukan menggunakan *linear actuator* karena kemudahannya dalam penggunaan dan kemampuannya untuk mengangkat berbagai beban, mulai dari yang ringan hingga yang berat.



Gambar 3. Linear actuator kit

F. Sensor Infra red



Gambar 4. Sensor jarak Sharp GP2Y0A21

Infra red merupakan unit sensor pengukur jarak, terdiri dari kombinasi terintegrasi PSD (position sensitive detector), IRED (*infra red* emitting diode), dan sirkuit pemrosesan sinyal. Variasi reflektifitas objek, suhu lingkungan dan durasi pengoperasian tidak mempengaruhi terhadap deteksi jarak karena mengadopsi metode triangulasi. Perangkat ini mengeluarkan tegangan yang sesuai dengan jarak deteksi.

G. Motor stepper

Motor stepper adalah salah jenis motor yang putarannya berdasarkan langkah. *Motor stepper* banyak digunakan dalam aplikasi industri seperti CNC, lengan robot, pemindai, printer dan yang terbaru adalah 3D printer, karena kehandalan dan kemampuan kontrol open loop. *Motor stepper* merupakan motor DC yang tidak memiliki komutator. *Motor stepper* hanya memiliki kumparan pada bagian stator sedangkan pada bagian rotor berupa magnet permanen. Karena konstruksi inilah maka *motor stepper* dapat diatur posisinya dan berputar sesuai dengan yang diinginkan, apakah searah jarum jam atau sebaliknya. *Motor stepper* dapat berputar atau berotasi dengan sudut/step yang bisa bervariasi tergantung motor yang digunakan. Posisi putarannya pun relatif tepat dan stabil. Dengan variasi sudut akan memudahkan melakukan pengendalian tanpa menggunakan *closed-loop feedback* untuk memonitor posisi.



Gambar 5. *Motor stepper*

H. Sensor Proximity

Sensor *proximity* adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi ada tidaknya suatu objek. Sensor ini memiliki fitur untuk pendeteksian suatu objek dengan jarak yang relatif pendek. Jarak deteksi dari sensor tersebut tergantung dari tipenya, mulai 5mm hingga 50mm.



Gambar 6. *Proximity switch*

III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, diperlukan langkah-langkah atau metode yang perlu disampaikan. Adapun langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

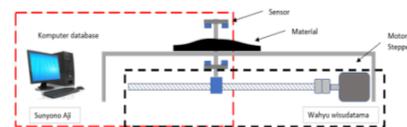
1. Metode Studi Pustaka yang penulis ambil dari referensi buku-buku atau bacaan serta mencari referensi dari internet.
2. Metode Tanya Jawab / Diskusi. Metode ini penulis ambil dari hasil diskusi / tanya jawab mengenai materi di berbagai forum, serta dari bimbingan dosen pembimbing.
3. Metode Eksperimen. Metode ini akan penulis lakukan dengan cara mencari, mempelajari, dan

mengadakan penelitian atau uji coba terhadap teori dan praktik.

IV. PERANCANGAN ALAT

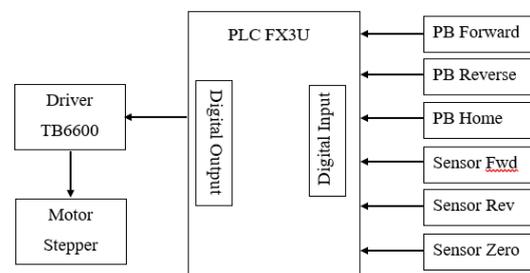
Sebagai tahap awal dari perancangan sebuah sistem adalah dengan membuat *flow chart* atau diagram alur dari sistem kerja mesin tersebut. Secara garis besar cara kerja alat atau mesin yang dirancang yaitu :

1. Melakukan gerakan posisi awal, yaitu gerakan kedudukan sensor ke arah tengah.
2. Pemilihan ukuran standard material yang akan diukur.
3. Penekanan tombol *start* pada aplikasi untuk memulai pengukuran.
4. Mulai pengukuran dengan menggerakkan actuator agar sensor bergerak ke arah kanan. Setiap 1mm, sensor infra red atas dan bawah akan melakukan pengukuran dan hasil pengukuran keduanya akan diproses PLC untuk menghasilkan tebal dari material.
5. Hasil kalkulasi pengukuran yang dihasilkan oleh PLC akan dikirim ke computer melalui aplikasi untuk kemudian menghasilkan gambar kontur material.
6. Setelah gerakan ke kanan selesai, sensor akan kembali ke tengah dan selanjutnya bergerak ke kiri untuk melakukan pengukuran sisi kiri dari material.
7. Setelah pengukuran sisi kiri selesai, sensor bergerak ke posisi awal di tengah.



Gambar 7. Rancangan mesin pengukur kontur material

A. Sistem Diagram Hardware



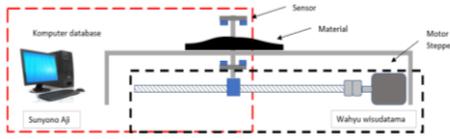
Gambar 8. Sistem diagram hardware

Dari gambar diatas, motor *stepper* dihubungkan melalui *driver* lalu dikontrol oleh PLC yang meneluarkan pulsa guna sebagai acuan motor *stepper* bergerak. Selain itu motor *stepper* bisa digerakan manual oleh Push Button, pergerakan motor *stepper* dibatasi oleh 2 sensor proximity dan 1 sensor sebagai posisi awal (*homming*).

B. Motor Stepper

Pengendalian gerakan mesin pengukur kontur material ini menggunakan linear kit aktuator yang dikendalikan motor stepper tipe Nema 17 - 0.14 Nm dan

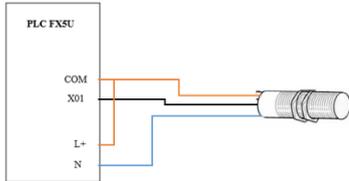
dibantu oleh *drive* tipe TB6600 motor ini memiliki *Step positioning accuracy* $\pm 5\%$ meskipun tidak sepresisi motor servo, tetapi dari karakteristik motor *stepper* ini mampu digunakan untuk mengendalikan mesin pengukur kontur material. Sesuai pergerakan yang akan dibuat maka diperlukan perhitungan agar motor berjalan 1 mm/detik, guna mendukung pengukuran sensor pada bahan.



Gambar 9. Rancangan sensor ketebalan

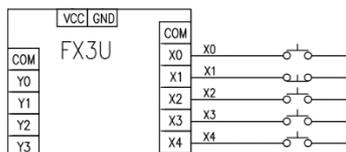
C. Rangkaian Sensor dan PLC

Sensor *proximity* memerlukan *power supply* sebesar 6 – 36 V untuk mengaktifkannya. Sedangkan output status dari sensor adalah *normally open*, dengan jarak deteksi 4 mm akan digunakan sebagai pembatas pergerakan motor *stepper* arah *forward - reverse* dan juga sebagai *home position*. Dihubungkan melalui digital input dari PLC FX3U. Berikut rangkaian sensor *proximity* yang dihubungkan ke PLC.



Gambar 10. Wiring sensor proximity

Selain pada mode auto melalui HMI, terdapat mode manual dengan menggunakan *push button* untuk pergerakan *manual forward*, *manual reverse*, start, stop, dan *home position*. Dihubungkan melalui digital input dari PLC FX3U. Berikut rangkaian sensor *proximity* yang dihubungkan ke PLC.



Gambar 11. Wiring push button

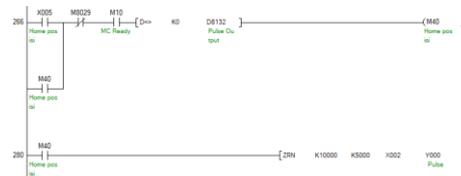
D. Perancangan Ladder PLC

Perancangan *software* sangat diperlukan untuk mengatur pergerakan motor *stepper*. Ada dua *software* yang perlu disiapkan pada mesin ini. Pertama adalah program ladder yang di download ke dalam PLC, digunakan untuk pergerakan dan pengukuran pada mesin, dan kedua adalah *software* berupa aplikasi yang digunakan sebagai dashboard sebagai *Human Machine Interface* (HMI) atau perangkat penghubung antara operator dengan mesin.

Program *Ladder PLC* dibuat menggunakan *software GX-Works2* yang dikeluarkan oleh Mitsubishi Electric. Program *ladder* yang dibuat terkait komunikasi antar PLC dan aplikasi menggunakan Modbus RTU,

program untuk mendapatkan nilai ketebalan material yang diperoleh dari output sensor jarak dan program untuk mendapatkan posisi dari sensor pada tiap 1mm jarak pengukuran.

1. Ladder Home Position



Gambar 12. Ladder home position

Home posisi tercapai apabila MC ready ON dan menekan PB *Home posisi*, lalu ada fungsi komper jika data pulsa output 0 maka kontak aktif dan mengaktifkan M40. Kontak M40 mengaktifkan instruksi melakukan pengembalian ke titik asal menggunakan sinyal titik dekat [ZRN] atau ke posisi home. Y000 diberi kecepatan saat home posisi dengan 10000 pulsa, dan kecepatan melambat dengan 5000 pulsa saat terkena dog sensor (X002).

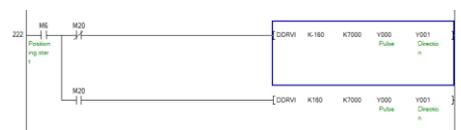
2. Ladder Manual Forward Reverse



Gambar 13. Ladder manual forward reverse

Tidak hanya pada mode auto, mesin ini juga dibuat mode manual untuk pergerakan *forward reverse*. Fungsi instruksi [DPLSV] adalah untuk memberikan pulsa keluaran kecepatan yang variable ke Y000 yang bernilai 1000 pulsa dan juga arah putaran ke Y001 yang bernilai positif (*forward*) atau negatif (*reverse*). Pergerakan ke dua arah tersebut dibatasi oleh limit sensor *proximity*. Dari *ladder* diatas didapatkan kecepatan untuk pergerakan manual *forward reverse* adalah 1000 pulse/second.

3. Ladder Positioning Start (mode auto)



Gambar 14. Ladder positioning start

Pada mode auto atau *start measurement* coil M6 *positioning start* akan ON dan mengaktifkan instruksi [DDRVI] untuk menentukan posisi kecepatan Tunggal dalam bentuk gerakan incremental. Y001 diberi nilai -160 (gerakan *reverse* dengan 160 pulsa) dan Y000 diberi pulsa kecepatan bernilai 7000).

4. Ladder Deteksi Posisi Sensor

Penggerak dari sensor pada mesin ini adalah sebuah motor *stepper*, sehingga untuk mendeteksi posisi terkini dari sensor tersebut adalah dengan melakukan

perhitungan antara pulsa yang dikeluarkan oleh PLC dengan pergerakan aktual dari sensor tersebut.

Untuk mendapatkan posisi yang tepat sesuai pulsa tersebut diperlukan beberapa parameter yang disetting pada mesin. Parameter tersebut adalah:

1. Pulse per *rotation* atau pulsa per 1 putaran dari motor *stepper* yang di setting pada drive motor *stepper*.
2. Travel per *rotation* atau jarak pergerakan per 1 putaran dari motor *stepper*.

Pada mesin ini diperlukan Pulse per *rotation* yang besar untuk meningkatkan akurasi dari pengukuran. Oleh karena itu opsi yang dipilih adalah 6400 pulse/rotation. Sedangkan untuk travel/rotation diukur dari jarak ketika motor *stepper* diputar 1 putaran, dan untuk aktuatur ini didapatkan nilai atau jarak 40mm/rotation. Dari nilai tersebut dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Pulse/mm} = \frac{\text{Pulse/rotation}}{\text{travel/rotation}} = \frac{6400}{40} = 160$$

$$\text{Jarak aktual} = \frac{\text{Pulsa motor stepper}}{\frac{\text{Pulsa motor stepper}}{160}}$$

Contoh :

Apabila pulsa yang dikeluarkan oleh PLC sebanyak 1600, maka

$$\text{Jarak aktual} = \frac{1600}{160} = 10\text{mm.}$$

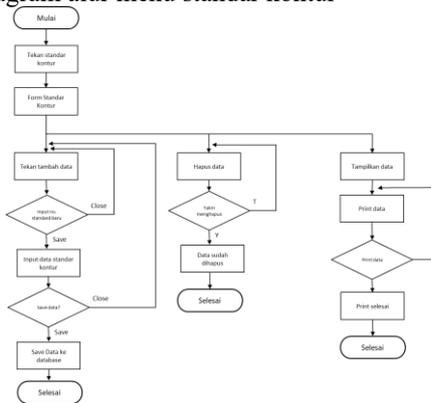


Gambar 15. Ladder deteksi posisi sensor

E. Alur Pengujian Pergerakan Motor Stepper

Perancangan aplikasi untuk *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan *software* Visual basic. Diagram alur penggunaan aplikasi dari HMI adalah sebagai berikut :

1. Diagram alur menu standar kontur



Gambar 16. Diagram alur menu standar kontur

Menu standar kontur ini digunakan untuk memasukkan standar kontur yang seharusnya dari sebuah tipe material. Standar ini berisi tebal material pada jarak tertentu. Pada menu ini terdapat 3 menu pilihan

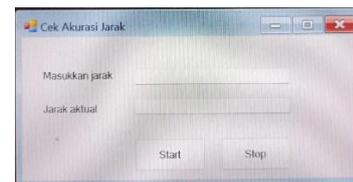
1. Menu tambah data.
Yaitu menu untuk menambah tipe kontur yang dapat diukur pada mesin tersebut dan kemudian

dapat disimpan di dalam database. Data ini digunakan saat pengukuran untuk membandingkan standar kontur dengan aktual pengukuran.

2. Menu hapus data.
Yaitu menu untuk menghapus tipe kontur yang sudah tersimpan di dalam database mesin.
3. Menu tampilkan data
Yaitu menu untuk menampilkan tipe kontur yang sudah tersimpan di dalam database.



Gambar 17. Tampilan Menu Utama



Gambar 28. Tampilan pengujian pergerakan motor

V. HASIL PENELITIAN DAN PENGUJIAN

Pada bab ini akan disampaikan hasil penelitian berupa Pengendalian Motor Stepper Sebagai Penggerak Mesin Pengukur Kontur Material Berbasis PLC FX3U-14MR.

Sebagaimana yang telah dijelaskan pada BAB III tentang perancangan sistem, mesin ini terdiri dari motor *stepper* yang menggerakkan sensor jarak dan bergerak diatas linear actuator kit. Dimana pergerakan *forward* dan pergerakan *reverse* dibatasi oleh sensor *proximity*, dan dilengkapi dengan 1 sensor *home position*. Sebagaimana gambar berikut.



Gambar 19. Pengendalian motor stepper

A. Hasil Pengujian

Untuk mendapatkan mesin yang handal dan dapat digunakan sesuai harapan, perlu dilakukan pengujian pada mesin tersebut. Pada tahap pengujian ini akan dilakukan pengujian terhadap alat maupun software yang digunakan. Adapun pengujian yang akan dilakukan meliputi :

1. Pengujian pergerakan *motor stepper*
2. Pengujian sensor limit

B. Pengujian pergerakan *motor stepper*

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui akurasi perintah dari PLC yang akan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan mistar manual. Selain itu juga untuk mengetahui error prosentasi dari pengukuran.

Pergerakan (mm)	Nilai		akurasi (%)
	Perintah HMI (mm)	Aktual mistar (mm)	
10	10	10	100%
20	20	20	100%
30	30	30	100%
40	40	40	100%
50	50	50	100%
60	60	60	100%
70	70	70	100%
80	80	80	100%
90	90	90	100%
100	100	100	100%

Tabel 1. Hasil uji pergerakan motor *stepper*

C. Pengujian limit sensor *proximity*

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui fungsi sensor limit sebagai pembatas gerakan *forward* maupun gerakan *reverse* motor *stepper*. Selain itu juga sebagai pembatas lebar material yang akan di uji oleh sensor jarak.

Pergerakan	Sensor limit		Motor stepper		Error
	Limit Rev	Limit Fwd	Stop	Run	
Forward		On	√	-	0%
Reverse	On		√	-	0%

Tabel 2. Hasil uji limit sensor

VI. PENUTUP

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan serta pengujian Pengendalian Motor Stepper Sebagai Penggerak Mesin Pengukuran Kontur Material Berbasis PLC FX3U-14MR. Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Motor *Stepper* dapat dikendalikan oleh PLC melalui driver untuk mengolah setiap pulse yang diberi PLC sebelum akhirnya motor bergerak.
2. Penggunaan motor *stepper* dirasa cukup untuk menggantikan motor servo sebagai penggerak

karena memiliki tingkat akurasi yang bisa diandalkan.

3. Penggunaan motor servo sebagai penggerak memudahkan penulis dalam pembuatan program dan biaya yang tidak terlalu tinggi untuk mendukung jalannya mesin pengukur kontur material.

SARAN

Dalam perancangan dan pembuatan Pengendalian Motor Stepper Sebagai Penggerak Mesin Pengukuran Kontur Material Berbasis PLC FX3U-14MR ini tentunya terdapat kekurangan-kekurangan. Berikut saran-saran yang dapat penulis sampaikan:

1. Pada saat pemakaian agar alat dapat berfungsi baik, pastikan untuk pengoperasian tidak melebihi batas maksimum alat.
2. Akurasi atau tingkat ketelitian motor *stepper* memang belum lebih baik dari motor servo, maka dari itu untuk meningkatkan akurasi lebih tinggi apabila diperlukan maka penggunaan motor *stepper* dengan akurasi lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terselesainya penyusunan laporan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan sokongan dari banyak pihak, baik itu dalam bentuk bimbingan, motivasi, dan bantuan dari segi moral dan materil.

Untuk itu pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dedi Wirasasmita, S.T., M.M., M. Kom. selaku ketua Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa.
2. Ir. Mochammad Mulia, M.T. selaku Puket 1 Bidang Akademik Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa.
3. Yulia Widhianti, S.T., M.T. selaku Puket 2 Bidang Keuangan Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa.
4. Dr. Sigit Panca Priyatna, S.T., M.T. selaku Puket 3 Bidang Kemahasiswaan Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa.
5. Ir. Sudirman, M.Kom., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa,
6. Kepada semua pihak yang telah memberikan doa dan bantuan serta kerjasama yang baik, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] Malvino, Albert Paul. 1989. Prinsip-prinsip Elektronika. Jakarta: Erlangga.
- [2] Suyadhi, Taufiq Dwi Septian. 2008. Build Your Own Live Follower Robot. Yogyakarta: CV AndiOffset.
- [3] Suryatmo, F. 1997. Teknik Pengukuran Listrik dan Elektronika. Jakarta. Bumi Aksara.
- [4] Mitsubishi Electric. (2005). FX3G/FX3U/FX3UC Series Programmable Controllers Programming Manual. Mitsubishi Electric
- [5] Suyadhi, Taufiq Dwi Septian. 2010. Buku Pintar Robotika. Yogyakarta: CV Andi Offset.