

Prototype Mesin Pengantar Barang Otomatis Menggunakan Load Cell Berbasis Robot Line Follower

Dwi Budi Susilo¹, Hari Wibawanto², dan Anggraini Mulwinda³

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229, Indonesia*

dwibudisusilo1@gmail.com¹, hariwibawanto@mail.unnes.ac.id², anggrainimulwinda@mail.unnes.ac.id³

Abstract— *Overloaded condition in the product porter like hand pallet, hand stacker, forklift, and etc, can causes damage and terrible accident in the machine operator. This research aim to build a prototype of porter machine that can prevent overloaded condition through the reading of load cell and photo diode sensor to guide the line follower direction. Research and development methods are used with the systematic writing are background of study and problems, prototype design and validation, testing, taking and analysis of the data. Output of the research is a prototype of porter machine using load cell sensor based on line follower robot. The Result of the load cell reading is compared to SF-400 weigher, and found the difference amount 0.117%. The load testing data of automatic moving trigger is 1 gram until 2999 gram. The Overload condition warning is active while the load is more than 3000 gram. The data reading of the photo diode on the black line is running succesfully, however on the white line with orange color is found some error.*

Keywords— *Prototype, line follower, load cell, foto dioda*

Abstrak— *Beban angkut berlebih pada alat pegangkut barang seperti hand pallet, hand stacker, forklift, dan produk lainnya dapat mengakibatkan kerusakan dan kecelakaan operator mesin. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prototype mesin pengantar barang yang mampu mencegah mesin beroperasi dengan beban berlebih dengan mengetahui hasil pembacaan load cell dan sensor foto dioda untuk pemandu arah line follower. Metode penelitian dan pengembangan digunakan untuk penelitian ini dengan tahapan pengembangan potensi dan perumusan masalah, perencanaan desain alat, validasi desain, uji coba alat, pengambilan data dan analisis data penelitian. Hasil yang diperoleh berupa prototype mesin pengantar barang menggunakan load cell berbasis robot line follower, dengan hasil uji pembacaan load cell terhadap timbangan pembanding SF-400 didapatkan perbedaan 0,117%. Data uji beban picu gerak otomatis prototype mampu dipicu beban terkecil 1 gram sampai 2999 gram. Peringatan over load terjadi saat beban melebihi 3000 gram. Data pembacaan foto dioda pada uji coba garis warna putih terdapat error pada variasi warna dasar oranye cerah sedangkan pada garis warna hitam tidak terjadi error.*

Kata kunci— *Prototype, line follower, load cell, foto dioda*

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, teknologi robotika telah diimplementasikan pada mesin-mesin industri. Teknologi robotika dipilih karena beberapa keunggulan diantaranya yaitu cepat, teliti, mampu bekerja secara *full time* dan otomatis. Berdasarkan PERMENPRIN [1], restrukturisasi mesin dan/ atau peralatan industri kecil dan menengah yang selanjutnya disebut restrukturisasi adalah penggantian dan/ atau penambahan mesin dan/ atau peralatan produksi industri kecil dan industri menengah yang lebih efisien dan produktif untuk menghasilkan produk bermutu dan berdaya saing. Mesin industri adalah mesin yang dipergunakan industri baik dalam proses produksi maupun distribusi sedangkan mesin distribusi adalah mesin angkut dan angkat barang yang dipergunakan pada proses distribusi.

Saluran distribusi adalah serangkaian organisasi yang saling tergantung yang terlibat dalam proses untuk menjadikan barang

atau jasa siap untuk digunakan atau dikonsumsi, anggota saluran distribusi perlu memperhatikan keputusan pengangkutan [2]. Pilihan pengangkutan akan mempengaruhi penetapan harga produk, kinerja pengiriman tepat waktu dan kondisi barang saat tiba di tujuan, semua itu akan mempengaruhi kepuasan pelanggan.

Pentingnya alat pengangkut dalam proses distribusi mendorong para produsen mesin angkut untuk membuat berbagai macam produk alat pegangkut beban seperti *hand pallet, hand stacker, forklift*, dan produk-produk lainnya agar dapat memenuhi permintaan pasar dalam berbagai kebutuhan pengangkutan barang. Namun sering kali masalah muncul terkait penggunaan alat tersebut seperti kerusakan alat akibat kelebihan beban angkut. Besarnya kapasitas angkut pada industri mengakibatkan bermacam-macam jenis kerusakan alat pengangkut baik kerusakan mesin pada sistem mekanik maupun elektrik. Hasil dari penelitian tentang perawatan alat *forklift* 5 ton (Studi Kasus PT. Trikarya Alam) [3] kerusakan

yang terjadi meliputi kebengkokan dan keausan pada *crankshaft*, *bearing*, *connecting rod*, piston, *line*, *oring*, *intake*, dan *exhaus valve*. Berdasarkan hasil tersebut kerusakan yang terjadi pada alat angkat secara umum adalah kerusakan mekanik akibat umur alat dan beban yang diangkut.

Selain kerusakan mekanik, kelebihan beban juga sering mengakibatkan terjadinya kecelakaan dalam proses pengangkutan barang. Oleh sebab itu pemerintah mengeluarkan peraturan [4] tentang pesawat angkat dan angkut bahwa dalam pemakai bobotimbang harus diketahui secara jelas tentang berat muatan dan posisi bobotimbang tersebut. Maka dari itu perlu adanya alat ukur beban atau timbangan yang memberikan peringatan dan menghentikan gerakan mesin secara otomatis ketika beban berlebihan untuk mencegah terjadinya kecelakaan.

Untuk meminimalisir kecelakaan operator selain penggunaan alat ukur beban untuk mengetahui berat beban secara pasti dan mencegah *over load* juga dapat dilakukan dengan membuat sistem otomatis pada alat pengangkut barang. Dengan kata lain penggunaan mesin otomatis mengurangi kontak langsung operator dengan mesin sehingga dapat mengurangi kecelakaan [5]. Untuk itu dibutuhkan konversi antara besaran fisik (bobot) menjadi sinyal untuk masukan sistem otomatis.

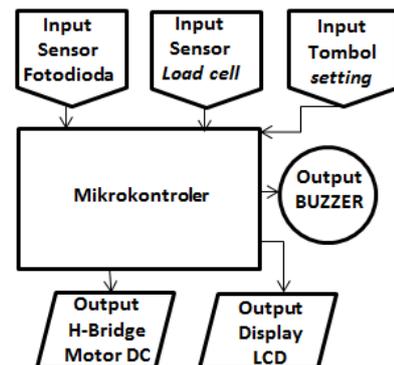
Sensor *load cell* merupakan transduser elektronik yang dapat mengubah besaran fisik menjadi sinyal elektrik [6]. Dalam penelitian [7] *load cell* digunakan sebagai sensor dalam pembuatan timbangan digital yang hasilnya dalam penelitian tersebut produk timbangan digital memiliki tingkat kelayakan 73,95% dengan standar minimal 60%. Namun pada penelitian ini *load cell* diterapkan hanya sebagai alat ukur beban sedangkan pada pembuatan sistem *prototype* mesin pengantar barang *load cell* selain sebagai sensor berat beban juga digunakan sebagai sensor pemicu gerak otomatis.

Selain menggunakan *load cell* sebagai sensor beban *prototype* ini juga bekerja secara otomatis menggunakan prinsip kerja *robot line follower*. *Robot line follower* merupakan sebuah robot sederhana yang dapat mendeteksi dan mengikuti (*follows*) sebuah lintasan yang berbentuk sebuah garis (*line*) [8]. Dalam penelitian sebelumnya *line follower* digunakan sebagai alat transportasi yang bekerja secara otomatis yang bekerja berdasarkan lintasan yang berupa garis [9], [10]. Sedangkan pada pembuatan *prototype* ini *line follower* digunakan sebagai alat angkut benda yang terintegrasi dengan alat ukur beban sehingga mampu mengantisipasi kelebihan beban angkut dan bergerak otomatis pada *setting* beban yang ditentukan.

Pada umumnya robot *line follower* hanya berjalan pada garis warna hitam dan lantai warna putih atau sebaliknya namun jika diterapkan pada mesin pengantar barang tentu harus lebih adaptif terhadap perubahan warna lantai. Oleh sebab itu tujuan penelitian ini adalah membuat dan meneliti *prototype* mesin pengantar barang otomatis menggunakan *load cell* berbasis *robot line follower* yang berfokus pada penggunaan sensor *load cell* sebagai alat ukur beban dan foto dioda yang mampu mendeteksi garis pada warna yang berbeda.

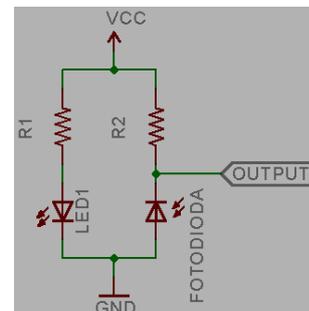
II. METODE PENELITIAN

Secara umum robot *line follower* memiliki tiga bagian utama yaitu sensor (masukan), *processor* (pengolah), dan *motor control* (keluaran) [11]. Sensor pada *line follower* terdiri dari dua komponen utama yaitu *Light Emitting Diode* (LED) dan *foto diode*. Pada robot *line follower* sensor foto dioda digunakan sebagai pendeteksi garis [12]. Pada sistem ini ditambahkan sensor *load cell* sebagai penghitung berat beban dan pemicu gerak otomatis. Diagram blok sistem secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 1.



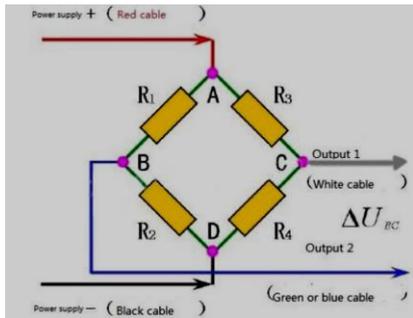
Gambar 1. Diagram sistem *prototype*

Input foto dioda dipasang pada kondisi *bias-reverse* agar nilai resistansinya dapat berubah jika terkena pantulan cahaya. Apabila pantulan cahaya yang diterima banyak maka nilai resistansinya akan mengecil sedangkan jika pantulan cahaya sedikit maka nilai resistansinya menjadi besar. Agar dapat diproses, nilai perubahan resistansinya diubah terlebih dahulu menjadi sinyal tegangan. Desain skematik pemasangan foto dioda ditunjukkan pada Gambar 2.



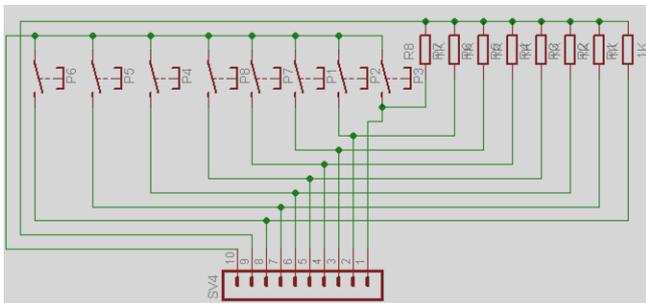
Gambar 2. Rangkaian sensor foto dioda

Load cell merupakan transduser elektronik yang dapat mengubah besaran fisik menjadi sinyal elektrik. Prinsip kerja *load cell* adalah mengubah gaya tekan beban menjadi nilai perubahan resistansi (R). Perubahan resistansi tersebut diolah pada rangkaian jembatan modul HX711. Prinsip kerja elektronik rangkaian jembatan *Strain Gauge* HX711 adalah mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada [13]. Prinsip kerja rangkaian jembatan *Strain Gauge* ditunjukkan pada Gambar 3.



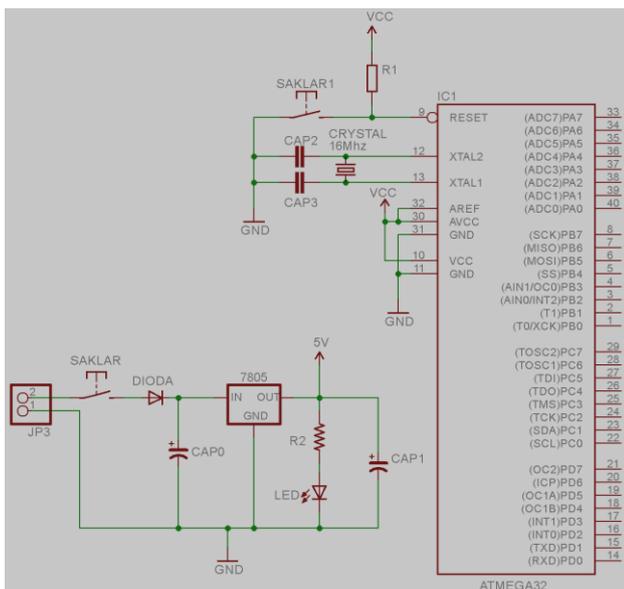
Gambar 3. Prinsip kerja rangkaian jembatan *Strain Gauge* [13]

Input tombol dirangkai dengan jenis tombol *push button* dengan resistor *pull-up* tujuannya adalah agar mampu memberikan *input HIGH* mendekati 5 Volt dan *LOW* pada 0 Volt. Desain rangkaian *input* tombol ditunjukkan pada Gambar 4.



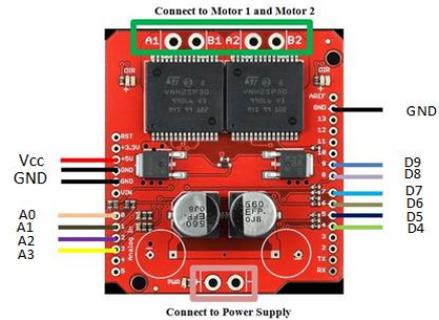
Gambar 4. Desain rangkaian tombol

Pengolahan *input* dapat menggunakan mikrokontroler atau mikroprosesor, pada *prototype* ini menggunakan mikrokontroler ATmega32 yang di-*bootload* arduino. Arduino adalah sebuah *board* mikrokontroler yang bersifat *open source* sehingga kita dapat melakukan memodifikasi *board* arduino dengan menggunakan *chip* atau IC mikrokontroler Atmel AVR dengan terlebih dahulu mengisinya dengan *bootloader* [14]. Desain sistem minimum ditunjukkan pada Gambar 5.



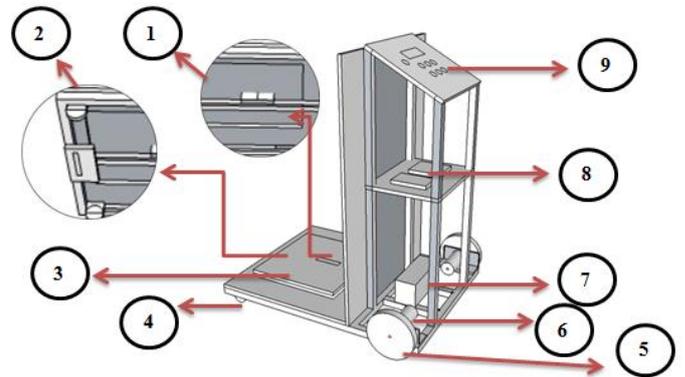
Gambar 5. Desain sistem minimum

Driver motor H-bridge merupakan rangkaian elektronik yang dapat mengontrol motor DC [15]. Pada pembuatan *prototype* ini menggunakan modul *driver motor DC monster motto shield*. *Monster motto shield* terdiri dari sepasang IC dengan tipe VN12SP30-E. IC tipe VN12SP30-E adalah IC *driver* jembatan penuh yang biasa digunakan untuk berbagai keperluan penggerak motor dengan arus maksimum hingga 30A dan tegangan maksimum 41V [16]. Bentuk fisik *monster motto shield* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Ardumoto *Monster Motto Shield* [16]

Desain alat dibuat dengan menggunakan *software* SketchUp 2015. Gambar 7 adalah desain alat beserta dimensi *prototype* mesin pengantar barang otomatis menggunakan *load cell* berbasis *robot line follower*.



- Keterangan:
- 1. *Load cell*
 - 2. Sensor
 - 3. Papan timbangan
 - 4. Roda depan
 - 5. Roda belakang
 - 6. Motor
 - 7. Baterai
 - 8. Papan letak elektronik
 - 9. Tampilan dan tombol

Gambar 7. Desain mekanik

Prototype mesin pengantar barang ini dapat dioperasikan dalam dua mode yaitu mode otomatis dan mode manual. Pada saat mode manual, *prototype* akan bergerak mengantarkan barang setelah menekan tombol “OKE” sedangkan pada saat mode otomatis, *prototype* mendeteksi berat beban, apabila melebihi *setting* beban maka akan bergerak mengantarkan barang menuju titik *finish* dan setelah barang diambil *prototype* akan bergerak kembali lagi ke posisi awal (titik *start*). Lintasan *prototype* dibuat dengan garis selebar 3,7 cm posisi titik *start* dan *finish* dibuat dengan gambar bidang datar dengan luas 15 cm². Contoh lintasan ditunjukkan pada Gambar 8.

Gambar 8. Contoh lintasan *prototype*

Sebelum uji penggunaan *prototype* perlu dilakukan kalibrasi warna garis. Langkah-langkah kalibrasinya sebagai berikut:

- Tekan tombol “MENU”.
- Tekan tombol “UP” atau “DOWN” untuk mencari sub menu kalibrasi hingga ditemukan sub menu KALIBRASI.
- Tekan tombol “OKE” hingga muncul pertanyaan konfirmasi “kalibrasi?” kemudian tekan “OKE” untuk melanjutkan atau “CANCEL” untuk membatalkan kalibrasi.
- Tekan tombol “OKE” kemudian geser bagian sensor foto dioda ke kanan dan ke kiri melintasi garis sebanyak lebih dari tiga kali atau lebih.
- Tekan tombol “OKE” untuk menyimpan hasil kalibrasi.

Setelah melalui tahap kalibrasi sensor foto dioda maka *prototype* siap untuk diuji penggunaan baik otomatis ataupun

manual. Untuk uji penggunaan manual dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Letakkan *prototype* pada lintasan.
- Tekan tombol “MODE” pilih mode manual.
- Letakkan beban dengan berat kurang dari 3 Kg kemudian tekan tombol “OKE”.
- *Prototype* bergerak pada lintasan hingga *finish*.
- Pengujian ke-dua letakkan beban melebihi 3 Kg kemudian tekan tombol “OKE”.
- Terdengar bunyi *buzzer* dan LCD tampil tulisan peringatan “BEBAN TERLALU BERAT”.

Untuk uji penggunaan manual dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Tekan tombol “MODE” pilih mode otomatis.
- Lakukan *setting* berat beban picu gerak otomatis.
- Letakkan beban dengan berat di atas SET BEBAN dan kurang dari berat maksimum 3 Kg.
- Tekan tombol “OKE”.
- *Prototype* akan bergerak menuju *finish* dan berhenti, setelah barang yang dihantarkan diambil *prototype* akan bergerak kembali ke *start*.
- Pengujian ke-dua letakkan beban melebihi 3 kg kemudian tekan tombol “OKE”.
- Terdengar bunyi *buzzer* dan LCD tampil tulisan peringatan “BEBAN TERLALU BERAT”.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1) Pengujian Pembacaan Sensor *Load Cell*

Pengujian sensor *load cell* dilakukan untuk menentukan tingkat keakuratan pembacaan sensor terhadap berat benda serta persentase nilai kesalahan (*error*) yang terjadi pada alat timbang digital yang dibuat. Pada sistem pengujian sensor *load cell* dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan timbangan digital tipe SF-400 yang sudah dijual tersebar luas di pasaran. Timbangan digital tipe SF-400 adalah jenis timbangan digital dengan sensor *strain gauge* yang memiliki tingkat ketelitian 1 gram. Hasil pengujian pembacaan sensor *load cell* ditunjukkan pada Tabel I.

TABEL I. HASIL PENGUJIAN PEMBACAAN *LOAD CELL*

Timbangan pembanding X (gr)	Hasil pengukuran <i>loadcell</i> (gr)					Rata-rata kesalahan, S (gram)	Tingkat kesalahan (<i>error</i>)
	1 Y1 (gr)	2 Y2 (gr)	3 Y3 (gr)	4 Y4 (gr)	5 Y5 (gr)		
0	0	0	0	0	0	0	0
50	50	49	49	50	50	0,4	0,8
100	100	99	100	99	101	0,2	0,2
200	200	199	201	201	200	-0,2	-0,1
250	250	249	252	251	252	-0,8	-0,32
500	500	502	504	501	500	-1,4	-0,28
1000	1002	1007	1000	1003	1001	-2,6	-0,26
1500	1506	1510	1500	1511	1508	-7	-0,46
2000	2002	2013	2009	2000	2015	-7,8	-0,39
3000	3020	3003	3016	2013	3012	-10,8	-0,36
Rata- rata tingkat kesalahan							-1,17

Berikut cara menghitung rata-rata presentase tingkat kesalahan:

$$|\bar{E}| = \left| \frac{\sum E}{X} \right| = \left| \frac{-1,17}{10} \right| = 0,117\%$$

Keterangan:

$|\bar{E}|$ = Rata-rata tingkat kesalahan

$\sum E$ = Jumlah selisih kesalahan

X = Jumlah pengukuran

Data rerata pengukuran berulang dari pembacaan *load cell* didapatkan -1,17 sehingga persentase penyimpangan kesalahan pengukurannya adalah 0,117%. Perbedaan atau selisih dari pengukuran tersebut terjadi disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya adanya tegangan *offset* dan *noise* pada pengukuran rangkaian pengkondisi sinyal serta desain mekanik yang hanya terdiri dari satu sensor atau juga dimungkinkan kesalahan yang terjadi disebabkan oleh tingkat ketelitian timbangan pembanding SF-400 yang memiliki nilai ketelitian 1 gram.

2) Pengujian Beban Picu Gerak Otomatis dan *Over Load* Beban

Pada penelitian ini *prototype* mesin pengantar barang menggunakan *load cell* berbasis robot *line follower* dibuat untuk dapat bergerak mode otomatis dan manual. Mode manual adalah cara mengoperasikan dengan menekan tombol “OKE” secara manual agar *prototype* mesin atau robot ini dapat bergerak. Sedangkan mode otomatis *prototype* mesin atau robot ini dapat mendeteksi berat muatan tertentu yang di *setting* sebelumnya melalui menu SET BEBAN. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II. HASIL PENGUJIAN BEBAN PICU GERAK OTOMATIS DAN *OVER LOAD* BEBAN

Set Beban (gram)	Hasil Pembacaan Timbangan Pembanding (gram)	Hasil Pembacaan Load Cell (gram)	Keterangan	
			Pemicu Gerak Otomatis	<i>Overload</i> Beban
1	1	1	√	X
5	5	5	√	X
10	10	10	√	X
100	100	100	√	X
500	500	500	√	X
1000	1000	1000	√	X
2000	1998	2000	√	X
2999	2985	2999	√	X
3000	2988	3000	X	√
3001	2990	3001	X	√

*)Timbangan pembanding menggunakan timbangan tipe SF-400 dengan beban maksimal 10 Kg dan ketelitian 1 gram

*)Kolom keterangan jika “bekerja” diberikan tanda (√) jika “tidak” maka diberi tanda (x)

Hasil uji coba pengoperasian *prototype* mesin pengantar barang menunjukkan bahwa *prototype* pengantar barang mampu mengukur berat beban dan memberikan tindakan sesuai program yang ditanamkan dalam mikrokontroler ATmega32. Program yang ditanamkan saat *prototype* pada mode otomatis memberikan perintah yaitu jika berat beban melebihi atau sama dengan *setting* beban dan kurang dari berat maksimum maka terjadi *delay* untuk memastikan posisi beban sudah siap

kemudian motor akan bergerak. Namun apabila berat beban lebih dari berat maksimum maka motor tidak akan bergerak dan *buzzer* peringatan akan berbunyi.

Pada penelitian ini beban maksimum ditentukan 3 Kg dengan hasil yang diperoleh *prototype* mampu bekerja mulai *setting* beban terkecil 1 gram sampai dengan 2999 gram dan peringatan *over load* terjadi saat beban 3000 gram keatas. Akan tetapi terjadi perbedaan penampilan berat beban antara beban terukur pada *prototype* dengan beban terukur pada timbangan pembanding SF-400 yaitu saat beban yang terukur pada *prototype* 2000 gram beban terukur pada timbangan pembanding 1998 gram, saat beban yang terukur pada *prototype* 2999 gram beban terukur pada timbangan pembanding 2985 gram, saat beban yang terukur pada *prototype* 3000 gram beban terukur pada timbangan pembanding 2988 gram dan saat beban yang terukur pada *prototype* 3001 gram beban terukur pada timbangan pembanding 2990 gram. Simpangan data hasil uji coba tersebut sejalan dengan simpangan hasil pengujian sensor *load cell* yaitu 0,117% terhadap timbangan pembanding SF-400.

3) Pengujian Pembacaan Sensor Foto Dioda

Dari rangkaian foto dioda yang telah dibuat apa bila sensor berada pada bidang pantul warna putih maka *output* tegangan akan mendekati 0 Volt dan apabila berada pada bidang pantul warna hitam maka *out put* tegangan akan mendekati 5 Volt. Kemudian *output* tegangan tersebut akan diolah ATmega32 dengan *analog to digital converter* (ADC) 8 bit atau dengan kata lain *range* tegangan 0 Volt – 5 Volt akan dirubah pada bilangan desimal 0-256 agar dapat diolah secara digital oleh mikrokontroler ATmega32 untuk membedakan warna garis terhadap warna dasar. Agar dapat membedakan garis (membaca garis) perlu melakukan kalibrasi sebelum pengoperasian *prototype*. Kode program yang digunakan saat kalibrasi adalah mencari titik tengah dari selisih data ADC warna garis dan ADC warna dasar atau lantai, apabila pembacaan ADC lebih dari titik tengah maka hasilnya 1 dan jika di bawah titik tengah maka hasilnya 0. Pada penelitian ini warna yang digunakan menggunakan warna dari kertas asturo dengan tujuan warna yang digunakan standar atau tidak berubah-ubah jika dibandingkan dengan warna hasil *print*.

Data ADC diambil dari uji coba menggunakan garis hitam dengan melakukan variasi warna dasar dan garis putih dengan melakukan variasi warna dasar. Pada uji coba garis warna putih dengan melakukan variasi warna dasar terdapat *error* pada warna oranye cerah. ADC yang dihasilkan dari warna putih dari sensor 1 sampai sensor 8 berturut-turut 11, 10, 10, 10, 11, 10, 11 sedangkan warna oranye cerah berturut-turut 48, 24, 31, 23, 33, 47, 38 sehingga selisih ADC antara garis hitam dan warna dasar putih 37, 14, 21, 13, 23, 36, 28, 44. *Error* yang terjadi adalah pada sensor ke-2 dan sensor ke-4 yang memiliki selisih ADC paling sedikit yaitu 14 dan 13.

Sedangkan pada uji coba garis warna hitam dengan melakukan variasi pada warna dasarnya tidak terjadi *error* sama sekali meskipun pada selisih ADC terkecil yaitu pada warna coklat tua. ADC warna hitam dari sensor ke-1 sampai sensor ke-8 berturut-turut 223, 225, 222, 223, 221, 224, 223, dan 223 sedangkan ADC warna coklat tua 200, 198, 199, 198,

201, 203, 202, dan 202 sehingga selisihnya 23, 27, 23, 25, 20, 21, 21, dan 21. Hasilnya tidak terjadi *error* pada penggunaan garis warna hitam dengan melakukan variasi pada warna dasar, hal ini mungkin terjadi karena selisih terkecil dari data ADC adalah 21. Penelitian ini tidak dilanjutkan dengan warna yang lebih gelap mendekati hitam dikarenakan kertas asturo di pasaran yang gelap mendekati hitam hanya sampai di warna cokelat tua.

B. Pembahasan

Prototype Mesin Pengantar Barang Otomatis menggunakan *load cell* berbasis *robot line follower* adalah *prototype* mesin yang akan membantu proses pengangkutan barang dan bekerja secara semi otomatis. Pengembangan alat ini meliputi otomatisasi kerja alat, pencegahan kerusakan mekanik terutama motor penggerak dan pengembangan sensor *line follower* yang lebih adaptif terhadap warna lantai. Pada penelitian [17] telah dikembangkan rancang bangun *robot line follower* sebagai pengantar makanan, cara kerja robot ini adalah mengantarkan makanan dari suatu tempat ke tempat tujuan yang dalam hal ini tujuannya adalah sebuah meja dengan mengatur alamat mejanya berdasarkan *setting* jumlah simpangan garis yang dihitung oleh sensor foto dioda. Kekurangan dari rancang bangun ini adalah belum bisa *start* otomatis setelah barang yang akan diantar sudah berada diposisinya selain itu hanya bisa berjalan pada lantai dengan warna putih dan garis warna hitam. Pada *prototype* Mesin Pengantar Barang Otomatis menggunakan *load cell* berbasis *robot line follower* saat dioperasikan mode otomatis *prototype* akan berjalan otomatis saat benda yang akan diantar sudah berada diposisinya dengan syarat benda sudah memenuhi atau melebihi *setting* beban dan kurang dari beban maksimum. Selain itu juga bisa dioperasikan pada warna lantai dan garis yang berbeda-beda dengan syarat antara lantai dan garis memiliki warna dengan kontras yang berbeda.

Pada penelitian [18] tentang pengenalan warna lantai dan garis dijelaskan tentang penggunaan metode DFT untuk menyesuaikan kondisi pencahayaan sekitar sensor selain itu penelitian ini hanya diuji pada lantai berwarna hijau dan garis putih. Sedangkan pada penelitian *prototype* Mesin Pengantar Barang Otomatis menggunakan *load cell* berbasis *robot line follower* tidak menyesuaikan kondisi pencahayaan di sekitarnya akan tetapi membuat kondisi pencahayaan sekitar menjadi ideal dengan cara menutupi sensor dan LED sehingga meminimalisir cahaya luar yang masuk. Cara ini lebih efektif karena ada tempat yang kondisi cahayanya tidak terkontrol seperti saat kondisi luar ruangan pada siang hari yang cerah untuk pengujian dilakukan pada semua warna dari gelap hingga warna terang dengan warna standar kertas asturo.

Penelitian lain yang sejenis, *robot line follower* digunakan sebagai mesin pengangkut penumpang otomatis sebagaimana *robot line follower* menggantikan peranan operator atau sopir sebagai pengantar penumpang [11]. Alat tersebut juga diintegrasikan dengan sensor ultra sonik untuk mendeteksi obyek di depan sebagai pemicu pengereman otomatis serta dilengkapi *bluetooth* sebagai komunikasi dengan perangkat android, namun kekurangan yang ada pada pengembangan tersebut sebagai alat angkut barang adalah kemampuan dalam

mendeteksi berat beban untuk mencegah kerusakan dan keselamatan para penumpang. Kesamaan penelitian [11] dengan *prototype* Mesin Pengantar Barang Otomatis menggunakan *load cell* berbasis *robot line follower* adalah penggunaan sistem kerja *robot line follower* sebagai otomatisasi akan tetapi sudah dilengkapi dengan kemampuan menghitung berat beban untuk mencegah kerusakan mekanik dan keselamatan pengguna akibat berat beban yang berlebih.

Penelitian lain tentang *robot line follower* adalah *robot line follower* dilengkapi dengan kamera yang digunakan untuk menangkap gambar obyek kemudian dilakukan poses (*image processing*) [19]. Fungsi penambahan fitur kamera adalah membaca kode atau huruf yang terdapat objek untuk menentukan destinasi. Kekurangan alat ini sebagai alat pengangkut barang adalah juga belum terpasang alat pengukur berat beban. Pada penelitian [19] digunakan LED warna biru dengan asumsi lebih adaptif dengan perubahan warna lantai akan tetapi belum diuji dengan warna lantai yang berbeda-beda. Sedangkan pada *prototype* mesin pengantar barang menggunakan LED warna putih dan sudah diuji dengan perubahan warna dengan kertas asturo yang hasilnya cukup baik dan adaptif dalam membedakan warna lantai dan garis.

IV. PENUTUP

A. Simpulan

1. *Prototype* mesin pengantar barang hasil penelitian ini menggunakan *load cell* berbasis *robot line follower* yang mampu bergerak dengan mode manual maupun otomatis dan dapat menghitung berat beban serta mencegah motor untuk berputar saat beban melebihi beban maksimum.
2. Simpangan pembacaan sensor *load cell* terhadap timbangan pembanding tipe SF-400 sebesar 0,117% yang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adanya tegangan *offset* dan *noise* pada pengukuran rangkaian pengkondisi sinyal serta desain mekanik yang hanya terdiri dari satu sensor atau juga dimungkinkan kesalahan yang terjadi disebabkan oleh tingkat ketelitian timbangan pembanding SF-400 yang memiliki nilai ketelitian 1 gram. Akan tetapi sensor *load cell* tetap mampu mendeteksi berat beban untuk gerak otomatis dan mencegah kerusakan motor dengan mencegah untuk berputar saat berat melebihi beban maksimum.
3. Sensor foto dioda mampu membaca garis dengan warna dasar atau lantai yang berbeda. *Prototype* mampu membaca garis pada warna lantai dengan selisih tegangan terkecil 0,44 Volt atau jika dikonversi pada data ADC sebesar 20 level dan terjadi *error* jika selisih tegangan kurang dari 0,4 Volt atau jika dikonversi pada data ADC kurang dari 18.

B. Saran

Penelitian dapat dilakukan pengembangan khususnya untuk mengembangkan kode program agar dapat melakukan kalibrasi warna lantai secara otomatis sehingga lebih adaptif terhadap perubahan warna lantai yang tentunya dengan data ADC yang berbeda. Kemudian dapat dilakukan uji skalatis apakah *prototype* mampu menjadi model alat pengangkut barang dengan skala lebih besar.

REFERENSI

- [1] Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia (PERMENPERIN) Nomor: 11/M-IND/PER/3/2014 Pasal 1 Ayat 1. *Program Restrukturisasi Mesin dan/ atau Peralatan Industri kecil dan menengah*.
- [2] H. L. Suwarno, Sembilan Fungsi Saluran Distribusi : Kunci Pelaksanaan Kegiatan, *Jurnal Manajemen* 6(1), pp. 79–87, 2006.
- [3] P. Simanungkalit, R. Yasra, dan B. W. Widiado, Perencanaan Sistem Perawatan Alat Angkat Kapasitas 5 Ton dengan Metode Preventive Maintenance (Studi Kasus Pt . Trikarya Alam) The Maintenance System Planning Of Lift Tool With Capacity 5 Ton Using Preventive Maintenance Method (Case Study Pt . Trikarya Alam), *Profisiensi* 4(1), pp. 47–57, 2016..
- [4] Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor:PER.05/MEN/1985 Pasal 73 ayat 2 Tentang Pesawat Angkat dan Angkut.
- [5] T. D. Rawis, Perencanaan Biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Proyek Konstruksi Bangunan (Studi Kasus : Sekolah St . Ursula Kotamobagu), *Jurnal Sipil Statik* 4(4), pp. 241–252, 2016.
- [6] T. Santoso, Rancang Bangun Kualifikator Susu Sapi Berbasis Mikrokontroler, 2016.
- [7] A. L. Khakim dan S. Purbawanto, Rancang Bangun Alat Timbang Digital Berbasis AVR Tipe Atmega32, *Jurnal Teknik Elektro*, 7(2), 76-80, 2017.
- [8] A. Z. Falani dan S. Budi, Robot Line Follower Berbasis Mikrokontroler Atmega 16 dengan Menampilkan Status Gerak Pada LCD. *e-jurnal Narodroid* 1(1), 2015.
- [9] O. Gumus, M. Topaloglu, dan D. Ozelik, The Use of Computer Controlled Line Follower Robots in Public Transport, *Procedia Computer Science*, The Author(s), 102(August), pp. 202–208, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.09.390.
- [10] A. Nur, P. Sihombing, dan D. Sitompul, Prototipe Robot Line Follower untuk Simulasi Taksi Wisata Otomatis Kota Medan Menggunakan Algoritma Fuzzy, *Jurnal USU* pp. 2–7.
- [11] C. Indriyanto, dan P. Sihombing, Implementasi Algoritma Fuzzy Logic Pada Robot Autopilot Line Follower Berbasis Implementasi Algoritma Fuzzy Logic pada Robot Autopilot Line Follower Berbasis Mikrokontroler ATMega32A (Studi Kasus : Miniatur Bus Lintas USU), *Reserch Gate*, 2016, doi: 10.13140/RG.2.2.16311.11688.
- [12] Yultrisna, Rancang Bangun Robot Solving Maze Dengan Algoritma Depth, *Jurnal Momentum* 15(2), pp. 87–93, 2013.
- [13] Datasheet HX711, *24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*, AVIA Semiconductor, 2014.
- [14] H. Andrianto dan A. Darmawan, *Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman*, Bandung : Informatika Bandung, 2016.
- [15] N. A. Pratama dan T. Andrasto, Komunikasi Pada Robot Swarm Pemadam Api Menggunakan Protokol ModBus. *Jurnal Teknik Elektro* 6(2), 2013.
- [16] Datasheet VNH2SP30, *VNH2SP30-E Automotive fully integrated H-bridge motor driver*. www.st.com, pp. 1–33, 2013.
- [17] D. A. N Janis, *et al.*, Rancang Bangun Robot Pengantar Makanan Line follower. *e-jurnal teknik elektro dan komputer* pp. 1–10, 2014.
- [18] Ng, K. Hooi. *et al.*, *Adaptive Phototransistor Sensor for Line Finding*, 41(Iris), pp. 237–243, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.168.
- [19] K. A. Vignesh *et al.*, Computer Vision Assisted Line Followin Robots, *Procedia* 38, pp. 1764–1772, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.06.215.