

RANCANG BANGUN PIRANTI AKUISISI DATA MESIN UJI TARIK POLIMER BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 16

Adhitya Sumardi Sunarya, Oyok Yudiyanto, Muhamad Maulana
Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
Jl. Kanayakan No. 21 Dago, Bandung
Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649
adhitya@polman-bandung.ac.id

Abstrak

Pesatnya industri polimer di Indonesia dipicu dengan banyaknya permintaan polimer untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan luar negeri. Sehingga standar produk yang dihasilkan oleh industri polimer di Indonesia harus memenuhi standar mutu yang telah ditentukan. Untuk memenuhi standar mutu tersebut, uji tarik merupakan salah satu pengujian yang harus dilakukan guna mendapatkan informasi parameter fisis berupa elongasi dan maksimum *stress* dari suatu material dengan demikian permintaan mesin uji tarik akan mengalami peningkatan. Sayangnya mesin uji tarik ini masih didominasi produk impor sehingga harapannya melalui penelitian ini dapat dihasilkan mesin uji tarik polimer untuk mengurangi subsidi impor. Fokus pada penelitian ini adalah pada aspek rancang bangun piranti akuisisi data mesin uji tarik polimer berbasis mikrokontroler ATMEGA 16. Piranti ini terdiri dari motor induksi 3 fasa yang dihubungkan secara mekanis dengan *ballscrew* sebagai media penggerak pada pencekam spesimen polimer. Sensor *loadcell* sebagai pengukur besaran gaya tarik pada spesimen, dan *rotary encoder* yang digunakan untuk mengukur perubahan ukuran panjang spesimen. Akuisisi data kedua besaran tersebut dilakukan oleh mikrokontroler ATMEGA 16 kemudian datanya dikirimkan melalui komunikasi serial ke PC/komputer. Selanjutnya data tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik menggunakan visual basic. Hasil pengujian terhadap 4 sample nylon dengan menggunakan piranti akuisisi data mesin uji tarik berbasis mikrokontroler ATMEGA 16 ini sudah menghasilkan data yang cukup baik jika dibandingkan dengan hasil pengujian di Lab. Uji Polimer Pusat Penelitian Fisika – LIPI Bandung. Dimana rata-rata maksimum stress yang dihasilkan sekitar 24,80 MPa (LIPI : 24,97 MPa) dengan rata-rata elongasi 32,25 mm (LIPI : 26,38 mm). Perbedaan nilai elongasi rata-rata yang cukup besar ini dikarenakan aspek pencekaman pada mesin uji tarik dari penelitian ini masih perlu diperbaiki dengan meningkatkan gaya cekam antara pencekam dengan sample polimer.

Kata kunci : Uji Tarik, Polimer, Maksimum Stress, Elongasi, ATMEGA 16

1. Pendahuluan

Meningkatnya permintaan polimer baik dari dalam negeri dan luar negeri sebagai bahan pendukung produk manufaktur, mengharuskan produsen polimer di Indonesia memenuhi standar mutu yang telah ditentukan. Guna memenuhi standar mutu tersebut harus dilakukan serangkaian uji material agar material polimer yang dihasilkan dapat memenuhi standar yang sudah ditentukan. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah uji tarik untuk mendapatkan informasi parameter fisis berupa elongasi (*elongation*) dan kekuatan (*stress*)[1]. Parameter fisis tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan mesin uji tarik. Mesin uji tarik yang selama ini dipergunakan masih didominasi produk impor sehingga pada penelitian ini harapannya dapat menghasilkan mesin uji tarik

polimer lokal yang dapat mengurangi subsidi impor.

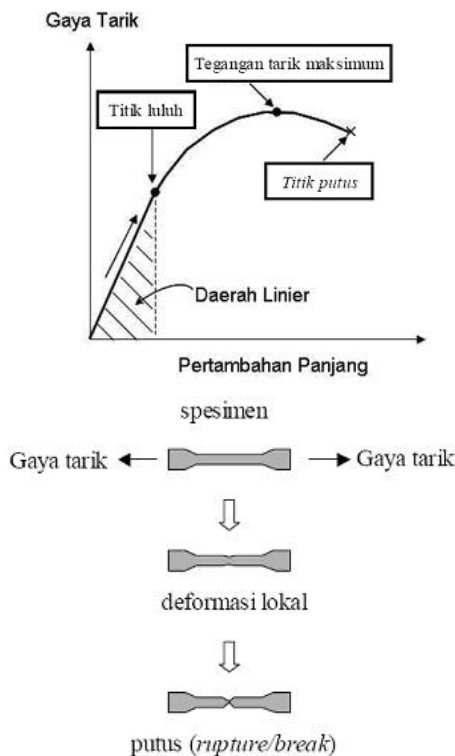
Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan piranti akuisisi data mesin uji polimer yang dapat mengurangi subsidi impor sehingga mengurangi ketergantungan terhadap produk dari luar. Harapan besar dari penelitian pada jangka panjang adalah menghasilkan mesin uji tarik polimer buatan Indonesia dengan kualitas yang tidak kalah bagusnya dengan kualitas mesin uji tarik polimer dari luar Indonesia. Selain daripada itu produk mesin uji tarik polimer ini dapat dimanfaatkan oleh industri lokal guna meningkatkan kualitas polimer sebagai peningkatan daya saing produk lokal. Selain dari itu dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran

mahasiswa khususnya di lingkungan POLMAN Negeri Bandung.

2. Metode Penelitian

2.1. Kajian Teori

Mesin uji tarik diperuntukkan untuk mengetahui informasi parameter fisis berupa elongasi (*elongation*) dan kekuatan (*stress*) [1] sehingga mesin uji tarik harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Apabila suatu material ditarik hingga material itu putus maka akan diperoleh profil sebagai berikut [2]



Gambar 1. Profil kurva dan spesimen saat dilakukan uji tarik [2]

Setiap bahan, pada tahap awal dilakukan uji tarik, hubungan antara beban atau gaya tarik yang diberikan berbanding lurus terhadap perubahan panjang bahan tersebut [2]. Kondisi tersebut berada di dalam suatu daerah yang disebut dengan daerah linier atau *linear zone* [2]. Pada daerah ini kurva pertambahan panjang terhadap beban atau gaya tarik mengikuti aturan Hukum Hooke yaitu rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan [2]. Dimana *stress* didefinisikan beban atau gaya tarik dibagi luas penampang bahan dan *strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan [2] atau secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

Stress :

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{1}$$

dimana :

= stress (MPa)

F = gaya tarikan (kgf)

A = luas penampang (mm²)

Strain :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \tag{2}$$

dimana :

= strain

L = Pertambahan panjang, (mm)

L = Panjang awal (mm)

Hubungan *stress* dan *strain* dapat dituliskan dalam persamaan berikut :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \tag{3}$$

dimana :

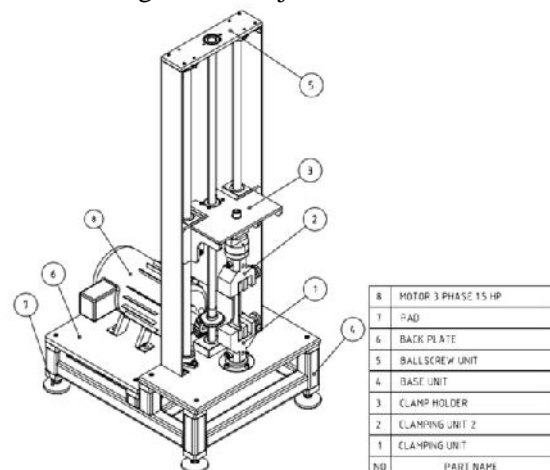
E = Modulus Young / Modulus elastis (MPa)

= stress (MPa)

= strain

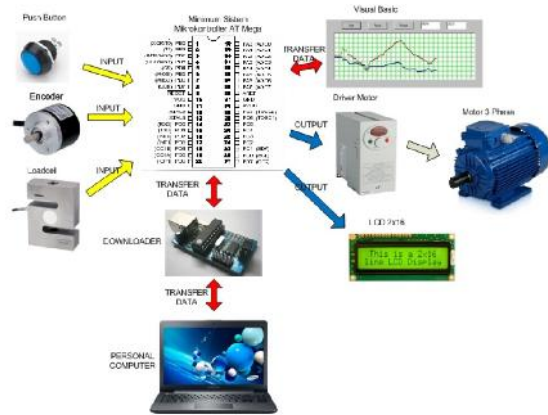
2.2 Konsep Perancangan Akuisi Data

Secara umum mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian pokok antara lain: kolom, landasan, pencekam, mekanisme penggerak dan sistem akuisisi data [1]. Berikut adalah skema dari rancangan mesin uji tarik



Gambar 2. Rancangan mesin uji tarik[1]

Sedangkan untuk rancangan sistem akuisi data adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Rancangan sistem akuisisi data

Mesin uji tarik pada penelitian ini menggunakan motor induksi 3 fasa yang dihubungkan secara mekanis dengan *ballscrew* sebagai media penggerak pada pencekam benda spesimen uji (polimer). Sensor *loadcell* sebagai pengukur besaran gaya tarik pada material. Kemudian untuk mengukur perubahan ukuran panjang spesimen polimer digunakan *rotary encoder*. Kedua besaran tersebut diolah oleh mikrokontroler ATMEGA 16 untuk dapat disampaikan melalui komunikasi serial ke PC/komputer. Dengan perangkat lunak visual basic kemudian data-data tersebut divisualisasikan menjadi suatu grafik.

2.2.1 Minimum Sistem Mikrokontroler

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OCD/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 4. Pin Mikrokontroler ATMeGa 16

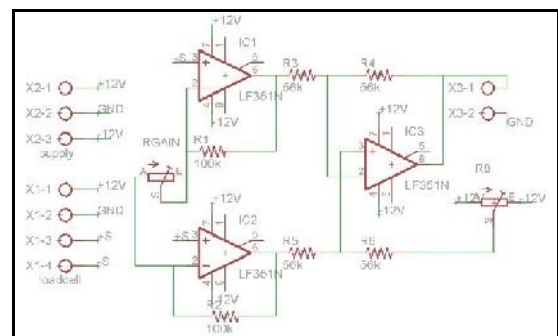
Mikrokontroler yang digunakan adalah menggunakan ATMeGa 16 dengan spesifikasi teknis sebagai berikut :

Spesifikasi	Atmega 16
EEPROM	512 Bytes
Memori data SRAM	512 Bytes
Memori Program (Flash-ROM)	16 Kbytes
Bahasa Pemrograman	Assembler, BASCOM, AVR, Code Vision dll.
Jumlah PIN	40
Jumlah PORT I/O	32 I/O lines
ADC	8-channel, 10-bit Accuracy

Tabel 1. Spesifikasi teknis mikrokontroler ATMEGA16

2.2.2 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Output dari *load cell* memiliki keluaran tegangan yang relatif kecil (dalam satuan mV). Loadcell yang digunakan mempunyai gaya tarik maksimum 1000 kg dan karakteristik tegangan output sebesar 2mV/V. Artinya jika menggunakan input 12 volt, output maksimal dari *loadcell* yaitu 2mV x 12 V = 24 mV. Oleh karena itu tegangan harus diperbesar serta diskalakan agar dapat diubah ke sinyal digital sesuai dengan tegangan referensi pada ADC. Gambar 5 adalah rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan IC LF 351.



Gambar 5. Rangkaian pengkondisi sinyal

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa besar atau kecil nya penguatan dapat diperoleh dengan merubah RG (Resistor Gain). Penguat instrumentasi dibangun oleh tiga buah op-amp. Op-amp 1 dan 2 (U1 dan U2) dikonfigurasi sebagai penguat selisih tegangan, sedangkan op-amp ketiga dikonfigurasi sebagai penguat non-inverting[3]. Penguat instrumentasi didesain dan harus memenuhi tegangan offset minimum, penguatan stabil, ketaklinieran rendah, input impedansi sangat tinggi, output impedansi sangat rendah, serta

rasio penolakan modus bersama (common mode rejection ratio, CMMR) sangat tinggi[4].

Tegangan keluaran yang dihasilkan dari rangkaian Gambar 5 adalah bergantung pada nilai-nilai resistor dan selisih tegangan masukan yang diterapkan pada differential voltage, V_1 dan V_2 , menurut persamaan[5].

$$V_0 = (V_1 - V_2) \left(1 + \frac{(R_1 + R_2)}{R_g} \right) \quad (4)$$

sedangkan besar penguatannya (gain,A) dirumuskan sebagai:

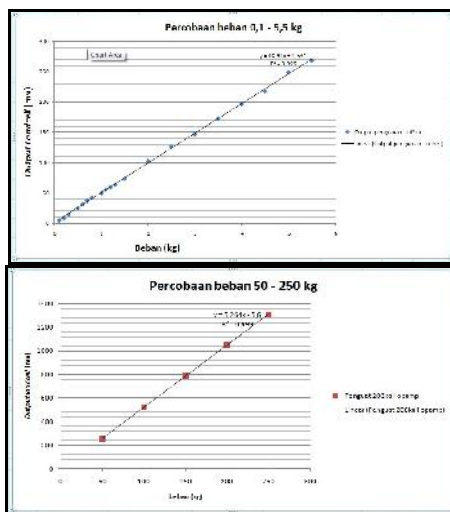
$$A = \left(1 + \frac{(R_1 + R_2)}{R_g} \right) \quad (5)$$

Adapun besar penguatan yang dipergunakan adalah sekitar 2000 kali hal ini ditujukan agar ketelitian dari pembacaan *loadcell* ini bisa mencapai 0,1.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Gaya pada Load Cell

Pengukuran beban uji dilakukan untuk mengambil data berat dari spesimen yang diujikan pada sensor *loadcell* untuk mengetahui karakteristik keluaran dari *load cell* yang akan digunakan pada mesin. Besaran berat akan dapat diukur secara elektrik setelah adanya perubahan besaran oleh sensor. Besaran berat akan berubah menjadi resistansi yang akan berbanding lurus dengan perubahan tegangan pada keluaran *load cell*. Pengukuran dilakukan dengan cara memberikan beban bervariasi pada *loadcell*, lalu dilakukan pengukuran pada terminal rangkaian penguat *load cell*. Berikut grafik tegangan pada keluaran *load cell* terhadap penambahan beban uji

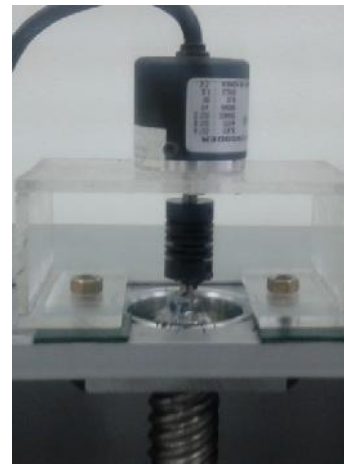


Gambar 6. Grafik pengujian pada *load cell*

Dari kedua percobaan yang telah dilakukan diperoleh nilai $R^2 = 0.99$. Nilai tersebut menyatakan bahwa tegangan keluaran pada *load cell* berbanding lurus dengan penambahan beban uji.

3.2. Pengujian Encoder

Pada penelitian ini pengkonversi gerak rotasi dari motor menjadi gerak translasi menggunakan *ballscrew*. *Ballscrew* yang digunakan memiliki karakteristik 20 mm per putaran. *Encoder* difungsikan untuk mengetahui besar perubahan jarak pada mesin uji tarik. *Encoder* yang digunakan mempunyai karakteristik 100 pulsa per putaran.



Gambar 7. Rotary encoder

Ballscrew dan *encoder* yang digunakan, keduanya memiliki kepresisian yang sangat baik. *Encoder* ditempatkan pada poros *ballscrew*, sehingga dapat dihitung untuk 1 putaran *ballscrew* menghasilkan 100 pulsa. Dengan demikian setiap 20 mm = 100 pulsa dan selanjutnya dapat dihitung untuk 1mm = 5 pulsa.

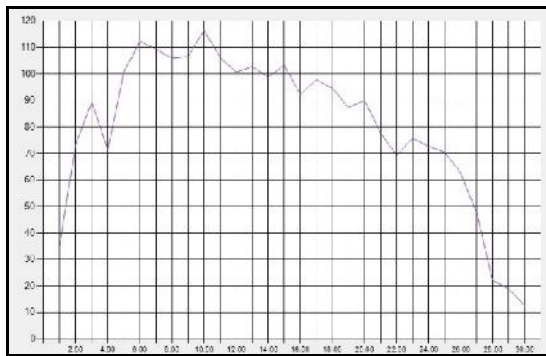
3.3. Pengujian Spesimen pada Mesin Uji Tarik

Pengujian spesimen bertujuan untuk mengetahui karakteristik spesimen, juga untuk mengetahui kinerja dari keseluruhan sistem mesin. Langkah pertama dalam pengujian ini adalah mengukur tebal dan lebar spesimen. Spesifikasi spesimen yang diuji coba adalah nylon dengan lebar spesimen rata-rata 13 mm dan tebal 3.5 mm. Kemudian spesimen ditempatkan pada pencekam mesin, setelah itu proses pengujian dimulai. Selama material diuji tarik, mikrokontroler menerima besaran perubahan gaya dan jarak serta mengirimkannya ke laptop dengan menggunakan komunikasi RS232 yang

kemudian datanya ditampilkan dalam bentuk grafik pada *software visual basic*.



Gambar 8. Proses pengujian spesimen pada mesin uji tarik



Gambar 9. Grafik pengujian pada salah satu spesimen

Hasil pengujian dari mesin uji tarik masih menggunakan satuan (kg), sedangkan satuan yang umum dipakai adalah dengan menggunakan satuan MPa (N/mm²). Berikut ilustrasi Untuk menghitung tegangan maksimum (*maximum point stress*) pada salah satu spesimen :

$$F = 114 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 1127 \text{ kg.m/s}^2 = 1127 \text{ N}$$

$$A = 13,1\text{mm} \times 3,56\text{mm} = 46,636 \text{ mm}^2$$

$$= 1127 \text{ N} / 46,6365\text{mm}^2$$

$$= 24,17\text{N/mm}^2 = \mathbf{24,17\text{MPa}}$$

Sample	Width (mm)	thickness (mm)	Maximum point stress (Mpa)	Break point Elongation (mm)
1	13.1	3.56	24.17	30
2	13.56	3.6	28.31	32
3	13.4	3.6	23.97	34
4	13.3	3.4	22.76	33
Average	13.34	3.54	24.80	32.25
Max	13.56	3.60	28.31	34.00
Min	13.10	3.40	22.76	30.00
Range	0.46	0.20	5.55	4.00
Standard Deviation	0.19	0.10	2.42	1.71

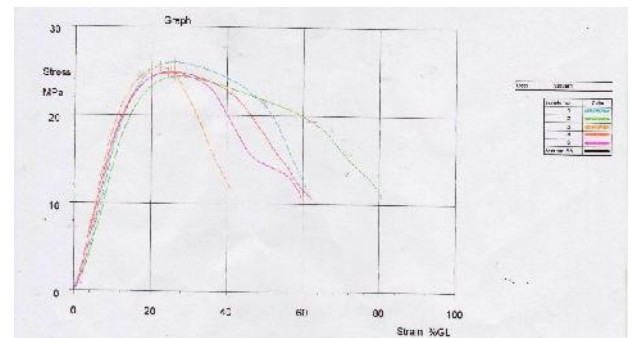
Tabel 2. Hasil pengujian spesimen dengan menggunakan mesin uji tarik (1 spesimen tidak dimasukkan karena ukuran tidak standar)

3.4. Penguji Pemanding

Penguji pemanding dilakukan di Lab. Uji Polimer Pusat Penelitian Fisika – LIPI Bandung. Penguji pemanding ini dilakukan guna mengetahui besar kesalahan (*error*) yang terjadi antara mesin uji tarik polimer yang dibuat dengan mesin uji tarik yang sudah tersertifikasi. Jumlah spesimen yang diuji di Lab. Uji Polimer Pusat Penelitian Fisika – LIPI Bandung sebanyak lima buah dengan spesifikasi polimer sama dengan spesifikasi polimer yang diuji dengan menggunakan mesin uji tarik hasil dari penelitian ini. Standar spesimen didesuaikan dengan ASTM D638. Adapun hasil pengujianya adalah sebagai berikut :



Gambar 10. Proses pengujian spesimen pada mesin uji tarik di Lab. Polimer - LIPI



Gambar 11. Grafik pengujian pada salah satu spesimen di Lab. Polimer – LIPI

Sample	Width (mm)	thickness (mm)	Maximum point stress (Mpa)	Break point Elongation (mm)
1	13.293	3.185	25.933	27.943
2	13.371	3.432	24.362	35.233
3	13.182	3.498	24.852	23.11
4	13.084	3.578	24.733	19.231
Average	13.23	3.42	24.97	26.38
Max	13.37	3.58	25.93	35.23
Min	13.08	3.19	24.36	19.24
Range	0.29	0.39	1.57	16.00
Standard Deviation	0.13	0.17	0.68	6.89

Tabel 3. Hasil pengujian spesimen dengan menggunakan mesin uji tarik di Lab. Polimer –

LIPI (1 spesimen tidak dimasukkan karena ukuran tidak standar)

3.5 Pembahasan

Berdasarkan data yang dihasilkan dari mesin uji tarik hasil penelitian dan hasil uji tarik yang dilakukan Lab. Uji Polimer Pusat Penelitian Fisika – LIPI Bandung terhadap 5 buah spesimen nylon (1 spesimen tidak dimasukkan karena ukuran tidak standar) dengan spesifikasi yang sama maka didapatkan bahwa *maximum stress* mesin uji tarik hasil penelitian menghasilkan rata-rata maksimum stress sekitar 24,80 MPa dengan standar deviasi 2,42. Sedangkan pada mesin uji tarik LIPI menghasilkan rata-rata maksimum stress 24,97 MPa dengan standar deviasi yang sekitar 0,6. Hal ini mengindikasikan bahwa untuk *maximum stress* yang dihasilkan mesin uji tarik pada penelitian ini masih besar. Adapun penyebab besarnya nilai *maximum stress* pada mesin uji tarik pada penelitian ini adalah :

1. Pencekam pada mesin uji tarik pada penelitian ini masih perlu diperbaiki terutama pada aspek gaya cekam yang dihasilkannya. Hal ini perlu dilakukan agar spesimen tetap tercekam sehingga bisa mengurangi kesalahan dalam pembacaan gaya tarik pada *load cell*.
2. Pada aspek elektrik khususnya pada bagian penguat (op-amp), penguatan yang diberikan sangat besar yaitu sekitar 2000 kali. Penguatan yang digunakan pada penelitian ini hanya menggunakan satu kali penguatan sehingga grafik yang dihasilkan tidak sehalus grafik yang dihasilkan dari mesin uji tarik LIPI. Selain itu, hal ini juga akan mempengaruhi pembacaan nilai dari *load cell* sehingga bisa memberikan kontribusi kesalahan dalam pengukuran. Untuk mengurangi kesalahan tersebut pada aspek penguat (op-amp) dilakukan perbaikan dengan melakukan penguatan bertahap. Sebagai contoh dengan penguatan 2000 kali dapat dilakukan penguatan bertahap mulai diperkuat 10 kali kemudian diperkuat kembali 10 kali dan yang terakhir diperkuat kembali 20 kali sehingga total penguatan 2000 kali.

Rata-rata elongasi yang dihasilkan dari mesin uji tarik hasil penelitian sekitar 32,25 mm dengan standar deviasi 1,71 sedangkan pada mesin uji tarik LIPI menghasilkan rata-rata 26,38 mm dengan standar deviasi 6,89. Perbedaan nilai ini mengindikasikan bahwa parameter *elongation*

yang dihasilkan mesin uji tarik pada penelitian lebih baik daripada mesin uji tarik LIPI. Standar deviasi pada parameter *elongation* yang besar pada mesin uji tarik LIPI dimungkinkan sensor jarak pada mesin tersebut sudah lama tidak dikalibrasi sehingga memberikan kontribusi kesalahan dalam pengukuran. Nilai tersebut berbeda dengan standar deviasi yang dihasilkan dari mesin uji tarik hasil percobaan, dimana hasilnya relatif kecil hal ini dikarenakan *encoder* yang digunakan pada mesin uji tarik hasil percobaan relatif baru sehingga besarnya kesalahan pembacaan dapat diminimalisir.

3. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan mesin uji tarik polimer dengan menggunakan *loadcell* dan *rotary encoder*, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Piranti akuisisi data pada mesin uji tarik polimer berbasis mikrokontroler ATMEGA 16 terbukti dapat digunakan untuk mengolah data dari mesin uji tarik untuk menghasilkan parameter uji tarik berupa gaya maksimal (*maximum stress*) dan perubahan jarak (*elongation*) dari spesimen yang diujikan.
2. Hasil uji tarik terhadap 4 spesimen nylon dengan lebar spesimen rata-rata 13 mm dan tebal 3.5 mm adalah sebagai berikut rata-rata *maximum stress* 24,80 MPa dengan standar deviasi 2,42 dan rata-rata *elongation* sekitar 32,25 mm dengan standar deviasi 1,7

4. REFERENSI

- [1] Yudianto, Oyok. dkk, “Rancangan Mesin Uji Tarik Polimer dengan Instrumen Pengukuran *Loadcell*”,(2013) dalam Prosiding Seminar Nasional XII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri, ITENAS, Bandung, 17-18 Desember 2013, Jurusan teknik Mesin, ITENAS, Bandung.
- [2] Sastranegara, Azhari, “Menganal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam”,(8 September 2009). Diakses pada tanggal 23 Juli 2014, dari <http://www.infometrik.com/2009/09/menganal-uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/>
- [3] Johnson, Curtis. (1997), “*Process Control Instrumentation Technology*”, New Jersey : Prentice Hall
- [4] Terrel, David L. (1996), “*Op-Amps: Design, Application, and Troubleshooting. Elsevier Science and Technology*”. Oxford UK.
- [5] Tompkins, W.J., Webster, J.G. (1988), “*Interfacing Sensor To The IBM PC*”. Printice Hall. Englewood Cliffs USA.