

Perancangan Sistem Monitoring *Loading Arm* di PT Badak Bontang Berbasis Mikrokontroler ATmega8

Edwin Gutama, Nurussa'adah, dan Mochammad Rif'an

Abstrak— PT Badak merupakan penghasil gas alam cair yang ditunjang peralatan elektronik modern. Gas alam diolah melalui tahap tertentu hingga menjadi cair dan disimpan dalam tanki. Hasilnya dikirim ke negara-negara lain dengan kapal tanker. Terdapat *Loading Arm* yang berfungsi sebagai lengan penghubung antara dermaga dengan kapal untuk mengalirkan gas alam cair. Pada awalnya *Loading Arm* tidak memiliki sistem monitoring untuk memantau pergerakannya dan hanya mengandalkan *limit switch* sebagai sensor pengaman. Pada akhirnya digunakanlah *Position Monitoring System (PMS)* buatan FMC Europe. Namun, karena rusak dan harganya yang mahal maka PT Badak tidak memakai sistem tersebut dan kembali menggunakan *limit switch* sebagai pengaman. Oleh karena itu, penulis mencoba merancang dan membuat sistem monitoring yang dapat digunakan untuk memantau pergerakan *Loading Arm*.

Pada perancangan dan pembuatan sistem ini, sensor yang digunakan untuk membaca sudut pergerakan *Loading Arm* menggunakan modul sensor potensiometer dan dikonversi menjadi sudut yang kemudian dikirim melalui komunikasi serial untuk ditampilkan di komputer. Terdapat beberapa parameter yang ditampilkan seperti DEPTH, WIDTH, DISTANCE dan HEIGHT serta alarm peringatan dan gambar pergerakan *Loading Arm*.

Kata Kunci— *Loading arm*, Monitoring, PMS, Potensiometer, PT BADAK.

I. PENDAHULUAN

PT BADAK adalah salah satu perusahaan penghasil gas alam cair/*Liquid Natural Gas* (LNG) yang dalam proses produksinya ditunjang dengan peralatan-peralatan berteknologi modern. Gas alam cair yang sudah jadi nantinya akan dikirim ke negara-negara lain untuk dikonsumsi [1]. Pada tahun 1990-an FMC Europe S.A mendirikan *Loading Dock* di PT Badak. *Loading Dock* merupakan sarana yang dibangun PT Badak untuk melayani pengapalan LNG kepada pihak konsumen. Di *Loading Dock* terdapat beberapa *Loading Arm* yang dapat membantu pengiriman hasil gas alam cair tersebut.

Edwin Gutama adalah mahasiswa program sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (penulis dapat dihubungi melalui email: edwin_arteid@yahoo.co.id).

Ir. Nurussa'adah, MT. dan Mochammad Rif'an, ST., MT. adalah staf pengajar program sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (email: rossa@brawijaya.ac.id; rif_an91@yahoo.com).

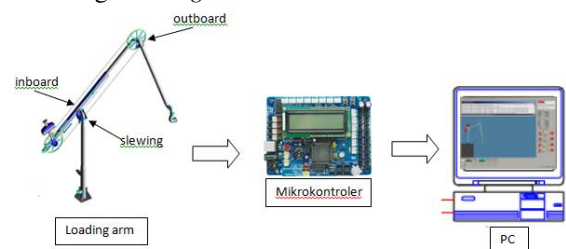
Loading Arm adalah lengan penghubung antara dermaga dengan kapal tanker LNG. Gas alam yang sudah dicairkan tersebut dialirkan dari tangki-tangki LNG dan mengalir melalui pipa-pipa yang akhirnya akan dihubungkan oleh *Loading Arm* untuk selanjutnya ditampung di kapal tanker LNG [2]. Terdapat 3 tempat *Loading Arm* ini dibangun, yaitu di Dock-1, Dock-2 dan Dock-3. *Loading Arm* pada Dock-1 digunakan untuk menyalurkan LNG saja dan memiliki 5 *Loading Arm*, sedangkan untuk Dock-2 dan Dock-3 digunakan untuk menyalurkan LNG dan LPG dan memiliki 5 *Loading Arm* untuk LNG dan 4 *Loading Arm* untuk LPG.

Dalam setiap prosesnya, alat-alat yang ada di PT Badak memiliki sistem yang dapat mengawasi suatu pekerjaan agar kesalahan-kesalahan yang ada bisa dilihat dan diatasi. Salah satunya yaitu sistem monitoring yang ada pada *Loading Arm* ini.

Masalah yang terjadi pada *Loading Arm* dikarenakan tidak berfungsinya sistem monitoring Dock-1 yang terletak di bagian operator sehingga para operator tidak dapat mengawasi pergerakan dari *Loading Arm* tersebut. Maka pada penelitian kali ini penulis mencoba menyelesaikan masalah tersebut dengan merancang suatu sistem monitoring yang dapat mengawasi pergerakan *Loading Arm* tersebut menggunakan prinsip dasar elektronika.

II. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan dimulai dengan membuat blok diagram sistem. Gambar 1 menunjukkan diagram blok sistem monitoring *Loading Arm*.



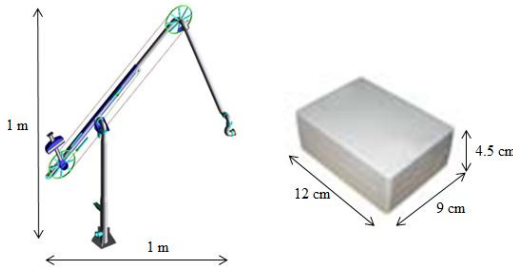
Gambar 1 Diagram Blok Sistem Monitoring *Loading Arm*

Sensor pada *Loading Arm* akan mengeluarkan sinyal analog antara 0 ~ 5 volt. Sinyal tersebut masuk melalui port ADC yang terdapat pada mikrokontroler. Sinyal ADC dikonversi dari bentuk analog menjadi sinyal digital dan akan diubah dalam bentuk sudut. Nilai dari sudut inilah yang nantinya akan deprogram menjadi batasan-batasan untuk memonitor *Loading Arm*.

Terdapat 3 alarm peringatan dalam batasan tersebut. Hasil dari perubahan gerak ditampilkan dalam pemrograman *visual* pada komputer agar perubahan gerak tersebut lebih dapat terlihat.

A. Perancangan Sistem Mekanik

Bentuk sistem mekanik miniatur *Loading Arm* dirancang memiliki tinggi ±1 m dan panjang ±1 m dan untuk box elektriknya berukuran 12 cm x 9 cm x 4,5 cm. Bentuk mekanik *Loading Arm* dan box elektrik ditunjukkan dalam Gambar 2.



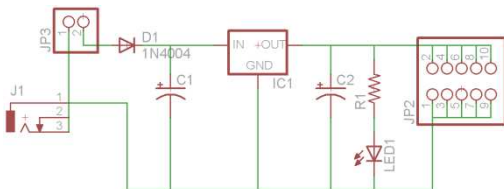
Gambar 2 Mekanik Miniatur Loading Arm & Box Elektrik

B. Perancangan Catu Daya

Dalam perancangan catu daya dirancang berdasarkan hasil perhitungan daya beban. Beban-beban tersebut adalah sensor potensiometer, mikrokontroler, dan rangkaian MAX-232.

- Arus untuk mencatu mikrokontroler sebesar 15 mA. Daya yang dibutuhkan mikrokontroler sebesar 5 V x 15 mA = 75 mW.
- Arus yang dibutuhkan oleh 1 buah sensor potensiometer sebesar 2,3 mA. Daya yang dibutuhkan oleh 3 buah sensor potensiometer sebesar 5 V x 2,3 mA x 3 buah = 34,5 mW.
- Arus untuk mencatu rangkaian MAX-232 sebesar 22 mA. Daya yang dibutuhkan rangkaian MAX-232 sebesar 5 V x 22 mA = 120 mW.
- Arus untuk mencatu modul converter RS-232 to RS-485 sebesar 40mA. Daya yang dibutuhkan oleh 2 buah modul converter RS-232 to RS-485 sebesar 5 V x 40 mA x 2 buah = 400mW
- Daya untuk mencatu rangkaian led sebesar 5 V x (20 mA + 15 mA + 15 mA) = 250 mW

Rangkaian catu daya yang digunakan adalah satu buah rangkaian catu daya menggunakan LM7805. Diagram blok rangkaian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3 Rangkaian Catu Daya

Berdasarkan perhitungan daya beban adaptor dengan spesifikasi 0~12 V, 500 mA cukup untuk mencatu seluruh beban. Dengan total arus 133,6 mA ≈ 150 mA, sehingga arus beban lebih kecil dibandingkan arus adaptor.

Dioda D1 berfungsi sebagai pengaman rangkaian jika terjadi pemasangan polaritas catu terbalik. Tegangan A ditunjukkan dalam Persamaan (1)

$$\begin{aligned}
 V_A &= 9 - V_{D1} \\
 V_{D1} &= 0.7 \text{ volt} \\
 V_A &= 9 - 0.7 \\
 V_A &= 8,3 \text{ volt}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

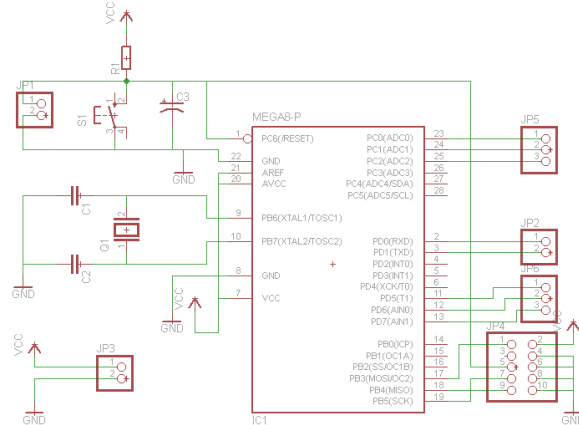
C. Perancangan Mikrokontroler ATmega8

IC mikrokontroler ATmega8 memiliki 3 buah port *input/output* yaitu port B, C, dan D. Masing-masing port memiliki 8 bit *input/output* [3]. Selain berfungsi sebagai masukan dan keluaran pin mikrokontroler juga dapat digunakan dalam fungsi lainnya. Dalam perancangan, pin yang digunakan diperlihatkan dalam Tabel 1.

TABEL 1
PIN MIKROKONTROLER ATMEGA8

No.	Fungsional	Pin Mikrokontroler	No. Pin
1	Pin Reset	C6	1
2	Pin Kristal	B6, B7	9, 10
3	Potensiometer Slewing	C0	23
4	Potensiometer Inboard	C1	22
5	Potensiometer Outboard	C2	21
6	Pin Tx/ Rx	D1, D0	3, 2
7	Pin SPI	B3, B4, B5	17, 18, 19

Untuk membuat rangkaian mikrokontroler dibentuk sebuah sistem minimum yang dihubungkan dengan beberapa rangkaian pendukung seperti rangkaian reset dan rangkaian kristal. Rangkaian minimum mikrokontroler ATmega8 ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega8

D. Perancangan Rangkaian Komunikasi

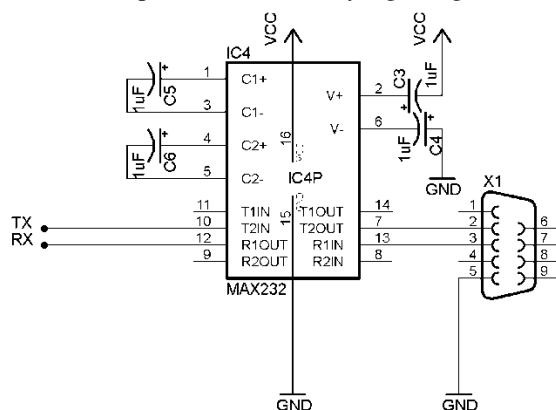
Data yang keluar dari rangkaian mikrokontroler berupa level tegangan CMOS. Sedangkan data yang masuk dari PC menggunakan standar komunikasi serial RS-232, level tegangan yang digunakan adalah level tegangan yang berkisar antara -3 volt dan -15 volt untuk kondisi logika "1" atau yang disebut dengan keadaan *mark* dan antara +3 volt dan +15 volt untuk kondisi logika "0" atau disebut dengan keadaan *space* atau dengan kata lain standar RS-232 menggunakan logika negatif/terbalik. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah rangkaian untuk mengkonversi perbedaan level tegangan untuk masing-masing logika pada kedua

bagian ini, dalam hal ini digunakan komponen MAX232.

IC MAX232 mempunyai 2 *receivers* yang berfungsi sebagai penyesuai level tegangan level RS-232 ke level *Transistor Transistor Logic (TTL)* ataupun CMOS, dan juga mempunyai 2 *drivers* yang berfungsi mengubah level tegangan dari level TTL/CMOS ke level RS-232 [4]. Pasangan *driver/receiver* ini berfungsi sebagai TX dan RX.

Nilai kapasitor (C) yang digunakan telah ditentukan sebesar 1uF, nilai ini merupakan konfigurasi datasheet MAX232. Gambar 4.4 menunjukkan rangkaian MAX232. Lima kapasitor dalam rangkaian ini digunakan pada:

- C₁ terhubung pada pin 1 (+) dan pin 3(-), sebagai pengganda tegangan (+5 volt menjadi +10 volt). keluaran hasil proses pengganda tegangan ada di pin 2.
- C₂ terhubung pada pin 4(+) dengan pin 5(-), sebagai pembalik tegangan (+10 volt menjadi -10 volt), keluaran ada di pin 6.
- C₃ terhubung pada pin 6 (-) dan dengan *Ground* (+), untuk penstabil nilai arus yang mengalir.
- C₄ terhubung pada pin 2(+) dengan pin 16(-), untuk penstabil nilai arus yang mengalir.
- C₅ terhubung pada pin 16(+) dengan *Ground*(-), untuk penstabil nilai arus yang mengalir.



Gambar 5 Rangkaian Penyesuai Level Tegangan MAX232

RS-485 diperlukan sebagai komunikasi tambahan karena RS-485 dapat mentransmisikan data sampai dengan jarak ± 1 km.

Diibutuhkan 2 konverter RS-232 to RS-485. Spesifikasi *converter RS-232 to RS-485* sebagai berikut:

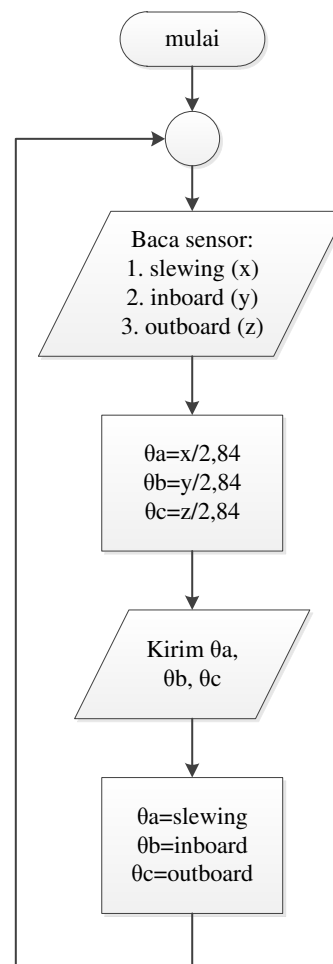
- 1) *Standard: Accord EIA RS-232, RS-485 standard*
- 2) *RS-232 signal: TX, RX, GND*
- 3) *RS-485 signal: D+, D-, GND*
- 4) *Baud rate:300-115200bps, auto sense serial rate*
- 5) *Loading: Support 32 Nodes (can custom 128 nodes) RS-485 side 1200M(9600bps), RS-232 side 5M*
- 6) *Connector: RS-232 side DB-9 female, RS-485 side 3 terminal block*
- 7) *Working temperature: -20°C to 60°C*

8) *Storage temperature: -40°C to 85°C*

9) *Power input: No power supply needed, powered from TXD, RTS, DTR signal in RS-232 port [5].*

E. Perancangan Algoritma Mikrokontroler

Perancangan ini bertujuan agar keluaran system sesuai dengan data yang masuk ke dalam komputer. Algoritma program mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6 Algoritma Program Mikrokontroler

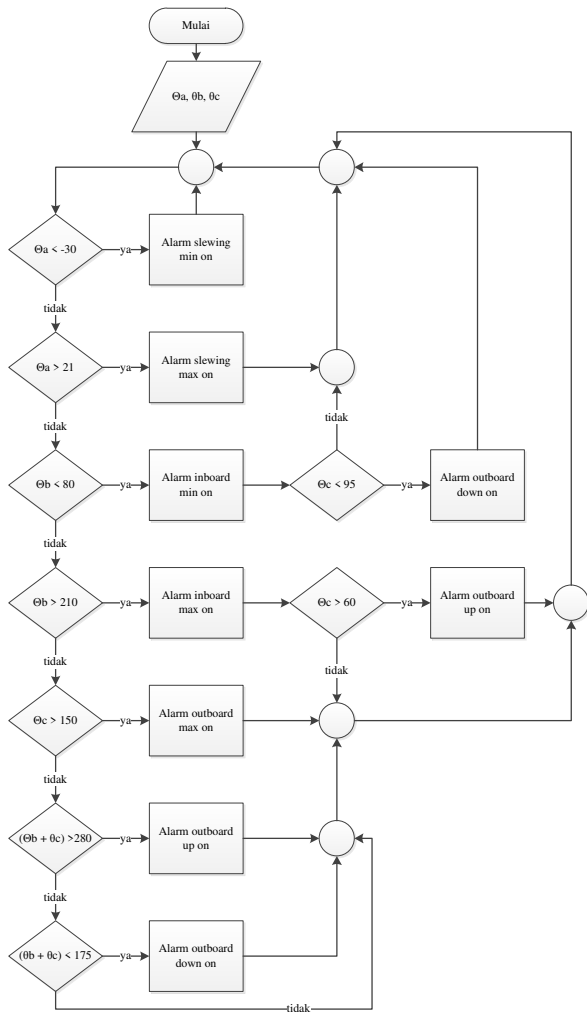
F. Perancangan Algoritma Program Visual Studio

Perlu diperhatikan batas-batas sudut yang dihasilkan oleh lengan *slewing*, *inboard* dan *outboard*. Seperti yang ditunjukkan dalam Lampiran. Berdasarkan sudut minimum dan maksimum lengan-lengan *Loading Arm* ditunjukkan dalam Tabel 2.

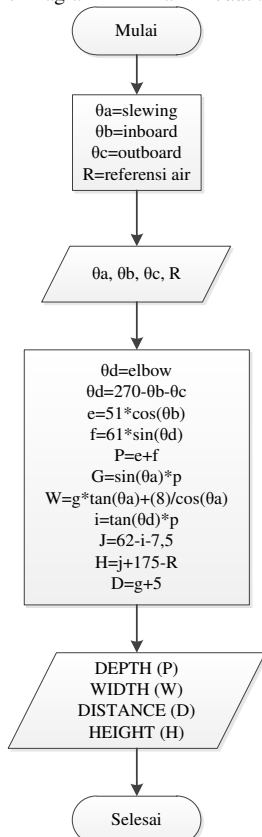
TABEL 2
BATAS SUDUT LOADING ARM

Lengan	Batas Sudut	
	Minimum	Maksimum
Slewing	-30	21
Inboard	80	210
Outboard	*	*

Batas tersebut digunakan sebagai batas aman pergerakan *Loading Arm*. Jika sudut yang dihasilkan lengan keluar dari batas, maka program akan mengeluarkan alarm peringatan. Diagram alir batas alarm *Loading Arm* ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7 Diagram Alir Alarm Loading Arm



Gambar 8 Diagram Alir Program PMS

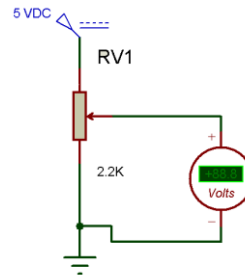
Sudut yang dihasilkan kemudian menjadi masukan untuk mendapatkan parameter *Position Monitoring System (PMS)*. Terdapat beberapa parameter yang dicari, yaitu DEPTH, WIDTH, DISTANCE, dan HEIGH. Parameter tersebut ditampilkan dalam komputer. Algoritma parameter *Loading Arm* ditunjukkan dalam Gambar 8.

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dilakukan untuk menganalisis apakah sistem telah bekerja sesuai perancangan.

A. Pengujian Modul Sensor Potensiometer

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan rangkaian seperti ditunjukkan dalam Gambar 9 lalu ukur tegangan keluaran potensiometer di kaki ke 2.



Gambar 9 Pengujian Modul Sensor Potensiometer



Gambar 10 Pengukuran Tegangan Modul Sensor Potensiometer $\theta=90^\circ$

TABEL 3
BATAS SUDUT LOADING ARM

No.	θ	Tegangan terukur (V)	Tegangan teori (V)	Selisih	
				V	%
1	0°	0	0	0	0
2	45°	0,596	0,625	0,029	4,64
3	90°	1,210	1,250	0,040	3,20
4	135°	1,837	1,875	0,038	2,02
5	180°	2,489	2,500	0,011	0,44
6	225°	3,084	3,125	0,041	1,31
7	270°	3,713	3,750	0,037	0,98
8	315°	4,345	4,375	0,030	0,68
					1,65

Tegangan teori didapat dari hubungan antara sudut $0^\circ \sim 360^\circ$ dengan tegangan $0 \sim 5$ volt. Hubungan persamaan tegangan dengan sudut ditunjukkan dalam persamaan (2).

$$\frac{V(\text{teori}) - V(1)}{V(2) - V(1)} = \frac{\theta - \theta(1)}{\theta(2) - \theta(1)}$$

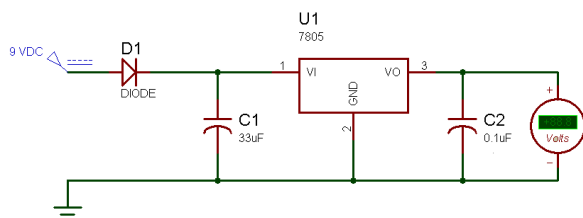
$$\frac{V(\text{teori}) - 0}{5 - 0} = \frac{\theta - 0}{360 - 0}$$

$$V(\text{teori}) = 0,014 * \theta \quad (2)$$

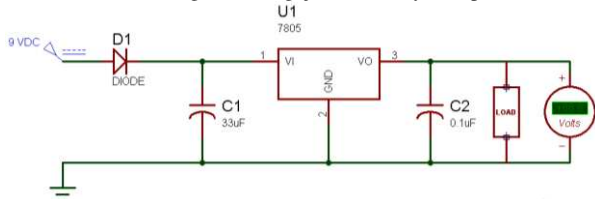
Berdasarkan data hasil pengujian dalam Tabel 3 menunjukkan ketika modul potensiometer diberi catu 5 V dan sensor diputar, maka rata-rata kesalahan yang diperoleh sebesar 1,65%. Berdasarkan datasheet modul sensor potensiometer, nilai kesalahan sensor masih di bawah 10% dan modul sensor bisa dikatakan dalam kondisi baik.

B. Pengujian Catu Daya

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan rangkaian tanpa beban seperti ditunjukkan dalam Gambar 11 dan rangkaian berbeban seperti ditunjukkan dalam Gambar 12 kemudian mengukur tegangan keluarannya 5V saat berbeban dan saat tanpa beban.



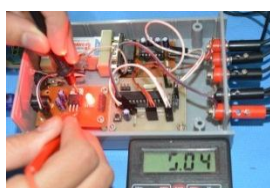
Gambar 11 Rangkaian Pengujian Catu Daya Tanpa Beban



Gambar 12 Rangkaian Pengujian Catu Daya Berbeban



Gambar 13 Pengukuran Catu Daya Berbeban

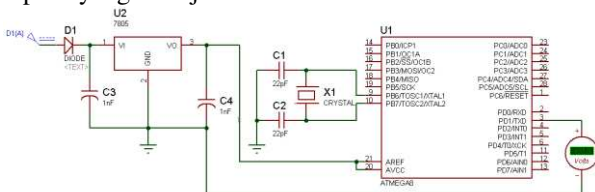


Gambar 14 Pengukuran Catu Daya Tanpa Beban

Berdasarkan hasil pengujian dalam Gambar 13 dan Gambar 14 rangkaian catu daya memiliki tegangan keluaran sebesar 5,03 V untuk yang berbeban dan 5,04 V untuk yang tidak berbeban. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian catu daya berfungsi dengan baik.

C. Pengujian Mikrokontroler

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur keluaran yang terdapat pada PIN Tx/Rx mikrokontroler seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 15.



Gambar 15 Pengujian Pin Tx Mikrokontroler

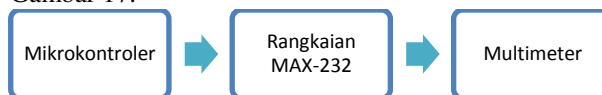


Gambar 16 Pengukuran Pin Tx Mikrokontroler

Dalam Gambar 16 menunjukkan bahwa tegangan yang terukur pada PIN Tx mikrokontroler sebesar 4,84 V. Berdasarkan datasheet MAX232, minimum *input threshold high* yang dapat diterima sebesar 2 V, jadi mikrokontroler dapat bekerja dengan baik.

D. Pengujian Rangkaian MAX-232

Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan pin Tx mikrokontroler dengan rangkaian MAX-232, kemudian ukur tegangan keluarannya. Diagram blok pengujian rangkaian MAX-232 ditunjukkan dalam Gambar 17.



Gambar 17 Diagram Blok Pengujian Rangkaian MAX-232

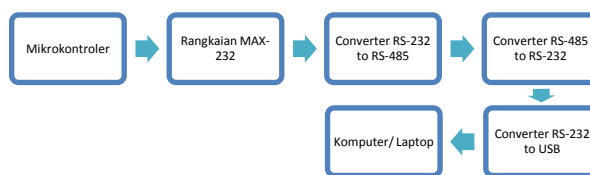


Gambar 18 Pengukuran Rangkaian MAX-232

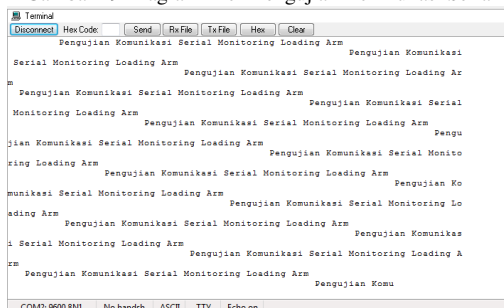
Dalam Gambar 18 menunjukkan bahwa keluaran rangkaian MAX-232 sebesar -6,63 V, dan berdasarkan datasheet MAX-232 tegangan antara -3 V sampai dengan -15 V merupakan tegangan standar RS-232 untuk mendapatkan logika 1. Jadi rangkaian MAX-232 ini dapat bekerja dengan baik.

E. Pengujian Komunikasi Serial

Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan seluruh rangkaian dengan 2 buah converter RS-232 to RS-485 diantaranya dihubungkan kabel penghubung. Diagram blok ditunjukkan dalam Gambar 19. *Hyperterminal* digunakan untuk melihat data yang dikirim mikrokontroler.



Gambar 19 Diagram Blok Pengujian Komunikasi Serial



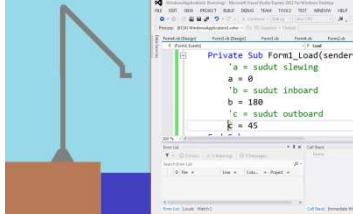
Gambar 20 Pengujian Komunikasi Serial

Pada tampilan *hyperterminal* dalam Gambar 20, karakter yang terbaca sama dengan karakter yang dibangkitkan oleh mikrokontroler, yaitu "Pengujian Komunikasi Serial Monitoring Loading Arm". Data hasil pembacaan pada *hyperterminal* juga tidak terdapat cacat karakter. Hal ini membuktikan *hardware* telah

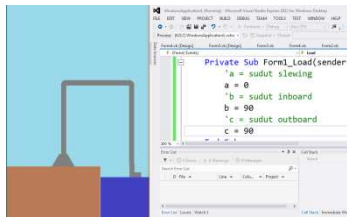
mampu mendukung komunikasi serial dan dapat bekerja dengan baik.

F. Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan nilai sudut secara manual dengan menggunakan keyboard. Lalu cek gambar visual dan hasil keluaran nilai visual apakah sama.



Gambar 21 Pengujian Gerak Program Loading Arm Dengan a=0, b=180 dan c=45



Gambar 22 Pengujian Gerak Program Loading Arm Dengan a=0, b=90 dan c=90

Berdasarkan hasil pengujian gerak program Loading Arm dengan software Visual Studio dalam Gambar 21 dan Gambar 22 menunjukkan bahwa program dapat berjalan sesuai masukan yang didapat dengan baik.

G. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan rangkaian sesuai diagram blok dalam Gambar 23. Busur derajat digunakan untuk membandingkan besarnya sudut Loading Arm. Pada kondisi awal, sudut Loading Arm diposisikan ke sudut 0° untuk slewing, 180° untuk inboard dan 45° untuk outboard. Sambung koneksi antara rangkaian sistem Loading Arm dan komputer/ Laptop dengan menggunakan modul RS-232 to USB. Catat dan amati data yang ditampilkan program Visual Studio untuk di Analisis. Pengujian keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 24.



Gambar 23 Diagram Blok Pengujian Sistem Keseluruhan



Gambar 24 Pengujian Sistem Keseluruhan

TABEL 4
PENGUJIAN SISTEM KESELURUHAN

No.	sudut arm (°)			alarm						
	slew	Inbd	outb	S max	S min	I max	I min	O up	O dow	O max
1	0	180	45							
2	-40	215	30		V	V				
3	-30	180	90							
4	-20	135	135							
5	-10	120	150							V
6	0	115	155							V
7	10	100	45						V	
8	20	90	180							V
9	30	80	90	V			V		V	
10	40	200	95	V				V		

Dalam Tabel 4 ditunjukkan bahwa pada saat miniatur Loading Arm berada pada sudut kritis, maka alarm program Loading Arm di komputer menyala. Hal ini menunjukkan bahwa alat monitoring Loading Arm dapat bekerja dengan baik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tiap perangkat maupun keseluruhan, modul sensor potensiometer dapat bekerja dengan baik dengan error rata-rata sebesar 1,65%. Program alarm Sistem monitoring Loading Arm ini bekerja dengan baik pada saat miniatur Loading Arm berada dalam sudut kritis. Hal ini disebabkan karena modul sensor potensiometer memiliki error maksimal sebesar ±10% dan tidak presisinya miniatur Loading Arm yang terpasang sensor tersebut sehingga ada perbedaan ukuran antara sudut yang terdapat dalam program dengan pengukuran sudut sebenarnya.

B. Saran

Agar sistem monitoring Loading Arm ini dapat bekerja lebih baik, maka perlu diperhatikan bentuk mekanika Loading Arm yang digunakan. Semakin presisi bentuk Loading Arm, maka semakin presisi data yang ditampilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT Badak NGL. 2012. Sejarah Kami. http://www.badaklng.co.id/in/sejarah_ptbadak.html.
- [2] FMC Technology. 2012. Chiksan Marine Loading Arm. <http://www.fmctechnologies.com/LoadingSystems/Technologies/ChiksanMarineLoadingSystems/ChiksanMarineLoadingArms.a spx>.
- [3] ATMEL. 2013. 8-bit Atmel with 8KBytes In-System Programmable Flash. <http://www.atmel.com/images/doc2486.pdf>
- [4] Maxim. 2010. +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers. <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>.
- [5] Telkolink. 2012. Port-powered RS-232 to RS-485 Converter. <http://www.telkolink.com/downloads/TLC485-9.pdf>.

Edwin Gutama, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2013, Perancangan Sistem Monitoring Loading Arm di PT Badak Bontang Berbasis Mikrokontroler ATmega8, Dosen Pembimbing: Ir. Nurussa'adah, MT. dan Mochammad Rif'an, ST., MT.