

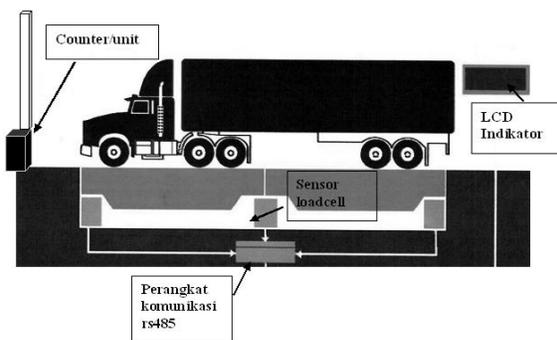


Load Cell menggunakan prinsip tekanan yang memanfaatkan Strain Gauge sebagai pengindera (sensor).



Gambar 2. Sensor Load Cell

Pengukuran muatan pada pelabuhan terbagi menjadi 3 kategori yaitu pengukuran berat penumpang, kendaraan dan muatan(container). Desain mekanik pada jembatan timbang system ini menggunakan sensor Load Cell kapasitas 10 kg dengan skala 1: 20.000 untuk pemodelan pada kapasitas lapangan sebesar 10 Ton pada pengukuran berat muatan kendaraan dan barang.



Gambar 3. Pengukur berat muatan kapal

Jembatan timbang bekerja saat pengukuran berat muatan mendeteksi tekanan pada sensor Load Cell, data berat muatan akan ditampilkan dan setiap pengukuran terhitung secara counter/unit. Output sensor Load Cell membutuhkan penguatan untuk masuk ke ADC mikrokontroler menggunakan penguat INA 125. Data berat muatan kapal akan dikirim node mikrokontroler menggunakan RS 485 secara wire menuju master pelabuhan.

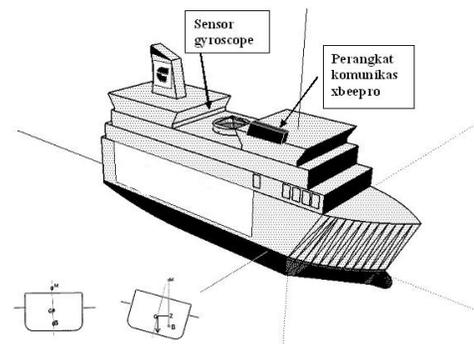
### 2.1.2. Sensor Gyroscope sebagai pendeteksi sudut kapal

Perangkat pendeteksi keseimbangan menggunakan sensor Gyroscope (kecepatan sudut) dengan type *ESky EK2-0704* secara statis untuk mengetahui sudut kemiringan kapal pada tata letak berat muatan kapal. Input *gyroscope* merupakan sinyal pwm yang berasal dari mikrokontroler sekitar 0.5 ms-1.5 ms, dimana kondisi *gyroscope* adaptasi dengan posisi 0 derajat. Kondisi *heading locked* adalah gyro telah dapat mendeteksi sudut kemiringan kapal, output *gyroscope*

berupa *dutycycle* processing pada mikrokontroler. Data sudut kemiringan kapal akan ditampilkan secara kontinyu dan diinformasikan menuju master pelabuhan secara wireless menggunakan Xbee-pro.



Gambar 4. Gyroscope dan Accelorometer



Gambar 5. Pendeteksi keseimbangan berat muatan kapal

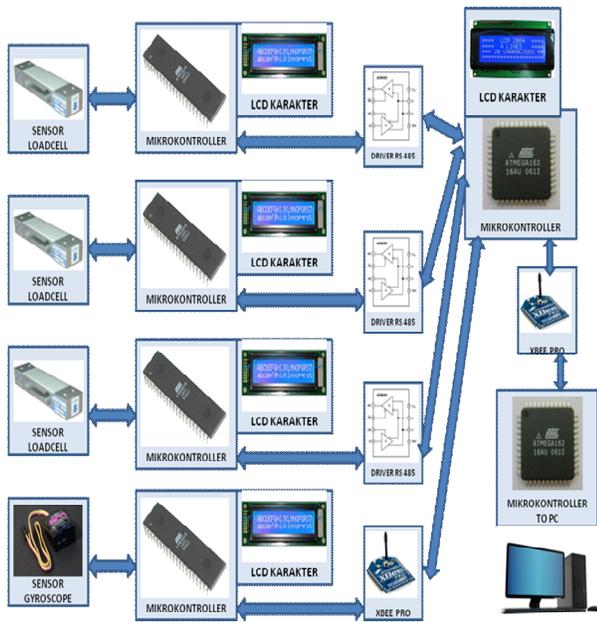
Berat muatan kapal akan terdeteksi pada pada layar lcd dengan toleransi 25 derajat kemiringan pada kapal untuk menginformasikan saat pengaturan tata letak kapal. Data kemiringan akan ditampilkan pada user interface kantor pelabuhan sebagai data base spesifikasi kapal sebelum berangkat.

### 2.1.3. Jaringan sensor Topologi Star sebagai komunikasi pelabuhan

Perangkat sensor pada pelabuhan dan kapal terintegrasi menggunakan komunikasi wire *rs485* dan wireless *xbeepro* dengan jaringan sensor topologi star. Pada komunikasi wire menggunakan *rs485* menggunakan multipoint transfer data yang dapat dilakukan dari satu transmitter ke beberapa receiver sekaligus. Dalam sistem *full-duplex* diperlukan 2 pasang kabel (1 untuk transmit dan 1 untuk receive secara diferensial). Pada komunikasi wireless menggunakan *xbeepro* yang merupakan sebuah wireless embedded module yang dapat dengan mudah diinterfacekan dengan berbagai macam mikrokontroler. Radio frequency tranciever ini merupakan sebuah modul yang terdiri dari

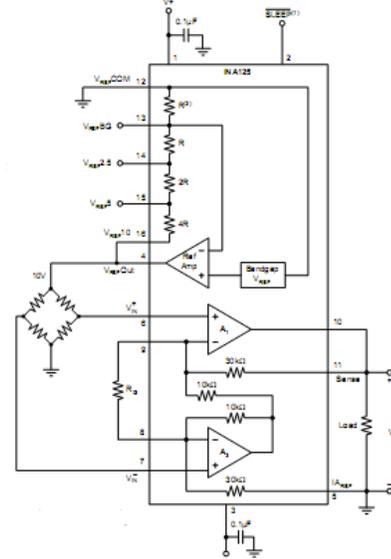
RF receiver dan RF transmitter dengan sistem interface serial *USART*.

Sensor tersebut menggunakan beberapa macam teknik akuisisi data sebagai standar komunikasinya, yaitu komunikasi serial dengan baud rate 9600, output tegangan analog, dan juga pulsa.



**Gambar 6.** Blok diagram jaringan sensor pelabuhan

Mikrokontroler membutuhkan ADC sebesar 5 Volt untuk tegangan input pada Sensor Load Cell yang menggunakan penguat INA 125 dengan akurasi tinggi dan referensi tegangan presisi. Penguat INA 125 membutuhkan Gain sebesar 278 kali penguatan dari Input Sensor Load Cell, dimana didapatkan  $R_g$  sebesar 216 Ohm untuk menghasilkan output sebesar 5 Volt. Konfigurasi sensor Load Cell dengan Penguat INA 125 seperti berikut :



**Gambar 7.** Load Cell menggunakan Penguat INA 125

## 2.2 Perancangan Prototype Sistem

### 2.2.1. Penskalaan pengukur berat muatan kapal

Sensor Strain Gauge secara fisik bentuknya dibuat kecil yang mempunyai keluaran sensitif terhadap perubahan temperatur, dan perubahan tahananannya sangat sensitif tetapi tidak linier. Perubahan tahanan dinyatakan dengan Gage Faktor (GF) yaitu perbandingan perubahan tahanan dan perubahan panjang (akibat terjadi regangan), yang dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}$$

$$V_O = (V_{IN}^+ - V_{IN}^-) G$$

$$G = 4 + \frac{60 \text{ k}\Omega}{R_g}$$

$$R_g = \frac{60 \text{ k}\Omega}{G - 1}$$

Sensor Load Cell pada prototype ini menggunakan kapasitas 10 kg dengan output  $V_{maks}$  18 mV.

Mikrokontroler menggunakan ADC 10 bit dengan nilai 1024, resolusi ADC dengan nilai perubahan input ADC sebesar 0,49 mV dimana pada output terjadi perubahan nilai ADC adalah 1 dan ketika input ADC mencapai nilai 5 volt maka nilai ADC adalah 1024. Dengan penskalaan output ADC 0 – 1024 akan direpresentasikan menjadi skala berat sebesar 0 – 1 kg.

$$R = \frac{V_{ref}}{2^n - 1}$$

$$R = \frac{V_{ref}}{2 - 1}$$

$$X = \frac{1}{1024} \times 1000 \text{ gram}$$

Skala muatan kapal pada prototype sistem ini terbagi menjadi 3 kategori dengan perbandingan sebagai berikut :

- Kendaraan = 50 gram : 1.000.000 gram  
= 1 : 20.000
- Kargo = 50 gram : 10.000.000 gram  
= 1 : 200.000
- Manusia = 50 gram : 30.000 gram  
= 1 : 600

Untuk mendapatkan nilai penskalaan, maka nilai selisih skala rata – rata muatan sebenarnya dibagi dengan nilai selisih rata – rata ADC seperti berikut:

$$\text{Nilai Penskalaan} = \frac{\text{Selisih skala muatan}}{\text{Selisih rata2 ADC}}$$

### 2.2.2. Pengukur keseimbangan kapal

Pendeteksi sudut menggunakan sensor *Gyroscope* bekerja ketika mendapatkan input sebesar 0.5 ms – 1.5 ms, kondisi gyroscope adalah normal locked selama 10 kali *lampu flash* berkedip untuk mencari titik referensi sudut 0 derajat. *Gyroscope* mendeteksi sudut dalam kondisi heading locked dimana output yang dihasilkan untuk input sensor Gyroscope berupa sinyal PWM (Pulse Width modulation) dengan perhitungan pada Mikrokontroler sebagai berikut:

F crystal = 11059200 Hz

Prescaler 8 bit t = 256

Frekuensi PWM  $110592/256 = 43200$  Hz

(waktu yang diperlukan untuk 1x hitungan overflow)

Perubahan pulsa per 1 counter PWM  $1/43200 =$

$0.0000232 \text{ s} = 0.0232 \text{ ms}$

Overflow mode timer fast PWM dengan nilai top FFH (0-255)

$X * 0.0232 = 1,5$

$X = \text{Nilai T on PWM} = 65$

$0.0232 * 256 = 5.9392$

Nilai sudut mempunyai range untuk dinyatakan seimbang antara -20 derajat dan +20 derajat, dimana kapal masih dianggap pada posisi seimbang. Nilai pada output gyro berupa dutycycle dapat diketahui dengan perhitungan seperti berikut :

$$\begin{aligned} \text{Dutycycle} &= \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \times 100\% \\ &= \frac{1.5}{22} \times 100\% \\ &= 7.32\% \end{aligned}$$

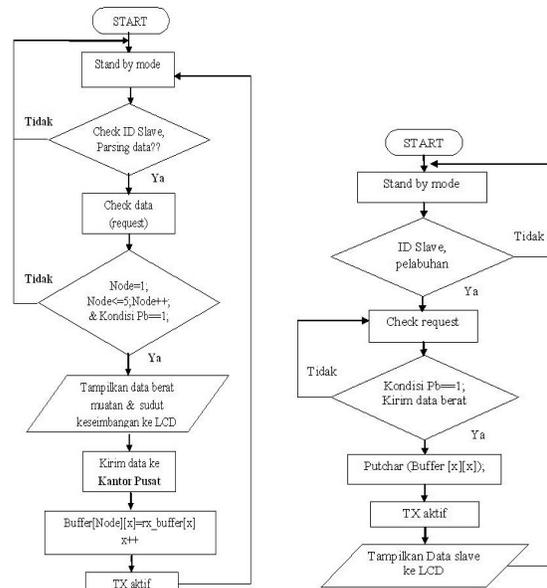
## 2.3 Perancangan Software

### 2.3.1. Komunikasi wire dan wireless pada pelabuhan

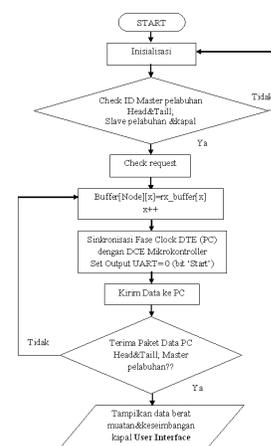
Pada node slave pelabuhan pertama kali mendapatkan *request* berupa protokol alamat dari master pelabuhan yang mengecek secara *polling*. Protokol alamat tersebut di *parsing* menggunakan *switch case* pada *USART* mikrokontroler slave, akhir dari *parsing* data mengaktifkan *interrupt serial*. Fungsi kirim terdapat *looping* program sehingga pengiriman secara terus

menerus menunggu *interrupt serial* aktif dan kondisi *push button*.

Penerimaan protokol slave oleh master pelabuhan berupa header slave, identitas slave, kondisi push button, data berat muatan kapal/ data sudut keseimbangan kapal, *Parsing* data berat muatan pada *switch case* menggunakan *USART 1* pada mikrokontroler master pelabuhan, akhir dari *parsing* data mengaktifkan *interrupt serial USART 1*. *Parsing* data sudut keseimbangan pada *switch case* menggunakan *USART 0* pada mikrokontroler master pelabuhan, akhir dari *parsing* data mengaktifkan *interrupt serial USART 0*. Pengiriman data berat muatan kapal dan sudut keseimbangan di *buffer* oleh master pelabuhan untuk dikirimkan lagi menuju master kantor pusat menggunakan *USART 0* menggunakan *xbee pro*.



Gambar 8. Flowchart slave-master pelabuhan



Gambar 9. Flowchart master kantor pusat

Protokol dari master pelabuhan diterima menggunakan *USART 0* pada master kantor pusat, dimana protokol berat muatan kapal dan sudut keseimbangan kapal membagi perbedaan header protokol menjadi fungsi pada *switch case*. Akhir parsing dari switch case pada akhir tail mengaktifkan *interrupt serial 0* untuk mengirimkan protokol berat muatan kapal dan sudut keseimbangan kapal pada *USART 1* sebagai *serial to pc*.

Id kapal	NamaKapal	TahunBuat	Senjata	JenisBahan	WaktuBerangkat	BebanMaksimal	JenisPemasangan
1	Bahai Nusantara	1992	7/22/2011	11:00:00 AM	11:04:30 AM	60465	0
11	Indo Ship	1999	4/20/2011	4:13:00 PM	4:46:00 PM	60000	16
2	Matra Jaya	1988	6/7/2011	9:00:00 PM	11:32:30 PM	74300	5
13	Pelawana Lenter	1992	8/23/2011	9:16:31 PM	9:18:36 PM	50000	10
14	Pelawana LCI	1997	6/24/2011	9:19:00 PM	9:19:00 PM	50000	3
5	Jayapura Ship	1994	6/9/2011	9:19:53 PM	9:20:24 PM	88800	8
6	INDO 053	1994	6/10/2011	9:19:53 PM	9:20:24 PM	71400	9
7	Kabata Sheel 1	1994	6/14/2011	9:22:36 PM	9:24:49 PM	50000	4
16	Kabata Sheel 2	1994	6/14/2011	9:22:36 PM	9:24:49 PM	50000	10
8	Bahai Nusantara	1994	6/19/2011	9:22:36 PM	9:22:50 PM	69800	7
10	IX	1994	6/19/2011	9:22:36 PM	9:22:50 PM	25900	4
11	NT7402	1994	6/21/2011	9:22:36 PM	9:22:51 PM	17006	5
12	Badi Inc.	1994	6/22/2011	9:22:36 PM	9:32:16 PM	88000	9
15	ID Mame	1997	6/26/2011	9:23:00 PM	9:34:07 PM	30000	5
3	Sambir Kencana	2000	6/27/2011	10:16:19 PM	10:16:19 PM	34200	17
4	Kawa Yudha	1988	6/9/2011	5:34:16 PM	5:34:36 PM	27000	4

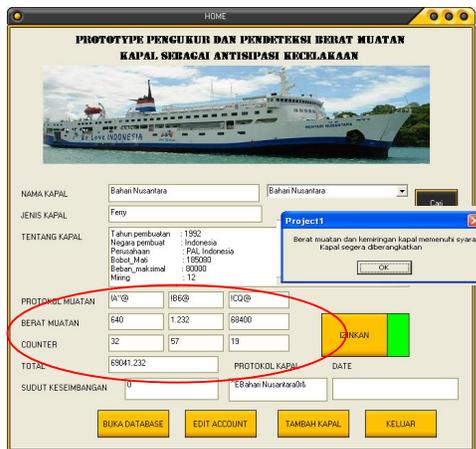
Gambar 11. Database spesifikasi kapal

Tabel 1. Format protokol system pelabuhan

Simbol	Keterangan	Isi	Ukuran
Del	Delimiter	!	1 char
Del	Delimiter	^	1 char
DR	Data Request	DR	8 bit
S	ID Slve	A, B, C, D, E	1 char
NK	Nama kapal	Namakapal	20 char
D	Data	Pengali, Sisa, Hasil	16 char
T	Terminator	@	1 char
T	Terminator	&	1 char

2.3.2. User Interface

Perancangan user interface menggunakan visual basic yang berfungsi untuk menampilkan data berat muatan dan nama kapal dengan sudut keseimbangan muatan pada kapal. Master pelabuhan me-request kapal untuk melaporkan nama kapal dan sudut keseimbangan ketika muatan berupa penumpang, kendaraan dan container masuk kapal. User interface menampilkan jenis dan spesifikasi kapal untuk dibandingkan dengan input yang masuk. Batas berat muatan kapal <= 90% dari kapasitas berat muatan maksimal kapal dan sudut kemiringan dengan nilai toleransi 20 derajat.



Gambar 10. Tampilan user interface

Data berat muatan dan sudut keseimbangan akan terekam pada microsoft access sebagai database pelabuhan seperti pada gambar berikut :

3. Hasil dan Analisa

Sensor Load Cell dengan kapasitas 10 kg pada prototype ini mempunyai output 18 mV membutuhkan penguat instrumen INA125 untuk menjadi 5 volt dengan 278 kali penguatan dengan error 1,9%. Nilai ADC menggunakan 10 bit dengan resolusi 1 bit adalah 0,49 mV dengan berat 0,97 gram. Skala muatan loadcell pada prototype pelabuhan 1:100.000 dalam satuan kilogram ke ton untuk menampilkan hasil berat. Nilai berat muatan kapal <= 90% dari spesifikasi berat kotor kapal. Data berat muatan terdapat error rata rata sebesar 3% dari pengukuran muatan.

Tabel 2. Pengujian berat muatan kapal

Beban (gr)	R. Gain (Ohm)	Vout LC (mV)	Vout INA 125 (V)	Data ADC	Hasil Muatan (Ton)
0	0	0,1	0,32	144	0
50	11	1,7	0,46	183	5
100	21	2,4	0,72	225	11
150	32	2,9	0,91	267	16
200	43	3,5	1,18	308	20
250	54	4,2	1,22	350	25
300	65	4,7	1,48	391	31
350	75	5,4	1,68	433	36
400	86	6,2	1,92	474	40
450	97	7,1	2,12	515	45
500	108	8,4	2,49	558	50
550	118	9,3	2,76	600	56
600	127	10,4	3,07	641	59
650	138	11,5	3,27	684	65
700	153	12,1	3,53	724	70
750	162	13,4	3,76	766	75
800	171	14,7	4,01	808	81
850	180	15,1	4,23	849	85
900	192	16,3	4,56	890	90
950	204	17,6	4,77	931	96
1000	216	18,1	5,12	974	100

Dari data berat muatan terdapat error yang merupakan efek dari faktor mekanik dan penggunaan power supply yang masih terdapat ripple.

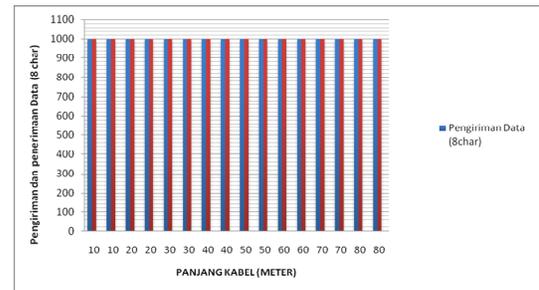
Sensor Gyroscope aktif saat mendapatkan input sinyal 0.5-1.5 ms pada kondisi (normal locked) mencari sudut 0 derajat selama 10 kali flash dan bekerja pada kondisi (heading locked) mendeteksi sudut. Output gyro berupa persen dutycycle periode 22ms dengan nilai 7.84% maksimal yang dikonversi menjadi sudut. Nilai toleransi sudut sensor gyroscope kapal kekanan +20 derajat dan kekiri -20 derajat untuk peringatan pada kapal yang merupakan standart kestabilan kapal. Nilai rata rata error sensor gyroscope aeromodeling dengan tipe EK2-0704B-Gyro E sky pada prototype pendeteksi keseimbangan muatan kapal sebesar 10.5%. Dari nilai error tersebut gyroscope dengan type tersebut dapat bekerja maksimal saat awal pendeteksian sudut keseimbangan pada permodelan kapal.

**Tabel 3.** Pengujian pendeteksi keseimbangan kapal

Sudut (derajat)	Vout Gyro (V)	T ON (ms)	T OFF (ms)	Duty cycle	Hasil sudut (derajat)	error
-30	1.67	0.4	21.6	1.85 %	-27	10%
-25	1.73	0.5	21.5	2.33 %	-23	8%
-20	1.84	0.6	21.4	2.80 %	-19	5%
-15	1.97	0.6	21.4	2.80 %	-14	6,67%
-10	2.11	0.8	21.2	3.77 %	-9	20%
-5	2.23	0.9	21.1	4.27 %	-4	10%
0	2.55	1	21	4.76 %	0	0
5	2.67	1.1	20.9	5.26 %	4	20%
10	2.72	1.2	20.8	5.77 %	8	20%
15	2.79	1.3	20.7	6.28 %	14	6,67%
20	2.86	1.4	20.6	6.80 %	19	5%
25	2.95	1.5	20.5	7.32 %	23	8%
30	3.03	1.6	20.4	7.84 %	28	6,67%

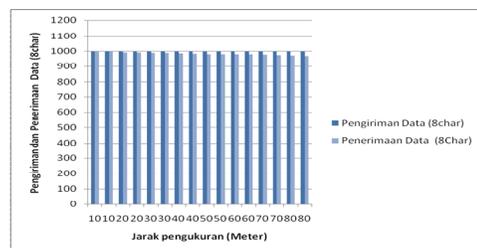
Jarak komunikasi wire RS 485 sekitar 1,2 kilometer digunakan pada prototype pelabuhan dengan range jarak

antara node slave master sekitar 400 meter. Pengujian menggunakan jarak 80 meter dengan baurate 9600 bps keberhasilan pengaksesan data 100%.



**Gambar 12.** Grafik pengukuran komunikasi RS485

Wireless Xbee-pro mempunyai kemampuan jarak komunikasi sekitar 400 meter, pada prototype pelabuhan dengan membutuhkan range jarak antara node slave master sekitar 400 meter. Pengujian menggunakan jarak 80 meter dengan baurate 9600 bps terdapat error pengaksesan data sebesar 1,77%.



**Gambar 13.** Grafik pengukuran komunikasi Xbee pro



**Gambar 14.** Prototype pelabuhan

#### 4. Kesimpulan

Pengukur dan pendeteksi keseimbangan berat muatan kapal merupakan penerapan prototype perangkat elektronika dan telekomunikasi yang terintegrasi pada pelabuhan dan kapal :

- Pengukuran berat muatan kapal menggunakan sensor Load Cell berupa jembatan timbang pada muatan penumpang dengan skala 150 kilogram pengukuran berat muatan kendaraan dengan skala 20 ton, dan

pengukuran berat muatan barang/kargo dengan skala 100 ton terdapat error data sebesar 3%.

- Pendeteksi keseimbangan muatan kapal menggunakan sensor Gyroscope mendeteksi sudut kemiringan dengan nilai kemiringan pada kapal +20 derajat ke kanan dan -20 derajat ke kiri, dimana terdapat faktor ombak laut dengan nilai toleransi 10 derajat terdapat error data sekitar 10.5%.
- Komunikasi wire RS485 menggunakan topologi star untuk pengaksesan data node slave menuju master pelabuhan, dengan jangkauan jarak wire 1,2 kilometer dengan keberhasilan pengiriman 100% pada jarak 80 meter pengujian lab.
- Komunikasi wireless menggunakan Xbee-pro sebagai node pendeteksi keseimbangan pada kapal memiliki nilai error sebesar 1,77% pada jangkauan pengukuran lab sekitar 80 meter.
- User interface merupakan hasil pengiriman terakhir dari system pelabuhan menampilkan data berat muatan dan keseimbangan kapal serta menyimpan data pada database dengan keberhasilan 100%.

### Saran

Diperlukan dilakukan pengujian langsung di lapangan peralatan yang telah dibuat ini untuk validasi data teknis. Sehingga peralatan ini bisa di usulkan untuk dapat dipakai di pelabuhan.

Komunikasi wireless Xbee-pro pada prototype pelabuhan dengan membutuhkan range jarak antara node slave master sekitar 400 meter untuk memaksimalkan perangkat Xbee-pro dibutuhkan Booster penguat frekuensi untuk mengoptimalkan sinyal pengiriman Xbee-pro secara wireless.

Pendeteksi keseimbangan kapal menggunakan sensor *Gyroscope* (kecepatan sudut) dan *Accelerometer* (percepatan) dengan algoritma perhitungan perubahan sudut dengan sekali proses differensial dan dua kali proses integral digital processing pada mikrokontroller untuk mengetahui sudut kemiringan kapal dan pergeseran sudut karena ombak dan tata letak kapal. Gabungan kedua sensor ini digunakan untuk mengukur inersia yang disebut IMU (Inertial Measurements Unit).

### Daftar Pustaka

- [1] Undang Undang Republik Indonesia , Nomor 17 Tahun 2008 , Tentang Pelayaran  
<http://www.bpkp.go.id>.
- [2] Indische Scheepvaart-Wet , London November 2007, (Staatablad 1936 No. 700) Tentang Kestabilan Dasar untuk Kapal barang  
<http://www.shipownersclub.com>.
- [3] Informasi 25 pelabuhan Strategis Indonesia ,Departemen Perhubungan 2002 , Pelabuhan

Tanjung Perak <http://www.dephub.go.id/PelabuhanTanjungPerak>.

- [4] Topologi Jaringan Sensor Komunikasi rs485 dan xbee-pro , Ali Husein A. ST. Meng , 2009 , PENS-ITS Surabaya , Indonesia
- [5] Maxim Integrated Products, RS-485 transceivers Linear Technology [www.linear-tech.com](http://www.linear-tech.com)
- [6] XBee-PRO 802.15.4 (Formerly Series 1) OEM RF modules,  
<http://www.digi.com>
- [7] Instrumentation Amplifier Load Cell INA 125 , Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated
- [8] ESKY EK2-0704B Professional Radio Control Helicopter Head Lock Gyro , Copyright 2010 ,  
<http://www.xheli.com/esky-gyro-ek2-0704b.html>
- [9] AllDataSheet, Website <http://www.AllDataSheet.com>, 2009.
- [10] PKMT PENS-ITS Ma'rifin Ardiansyah , 2009, Prototipe Penyeimbang Dan Pengukur Berat Muatan Kapal Ferry Sebagai Upaya Dini Pencegahan Kecelakaan Kapal Ferry, Surabaya, Indonesia.