

Plant Integrity Monitoring Menggunakan Ultrasonic Dengan Metode Fuzzy Decision Support Berbasis Wireless

Sumantri K.R. ST. MT.¹, Eko Rudiawan ST.², Wahyu Wibowo³

^{1,2,3} Mechatronics Engineering study Program
Politeknik Negeri Batam

Parkway Street, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

E-mail: ¹sumantri@polibatam.ac.id, ²ekorudiawan@polibatam.ac.id, ³Wahyu.wibowo@gmail.com

Abstrak

Melakukan pengukuran ketebalan pipa dengan *ultrasonic thickness gauging* biasanya dilakukan dengan cara manual dengan bantuan operator produksi atau teknisi. Dalam hal ini jika terdapat area yang berbahaya misalnya tegangan tinggi, tempat terbatas, kandungan bahan kimia, udara berpolusi, dan bahaya lainnya, maka akan mengalami kesulitan terhadap operator atau teknisi tersebut untuk melakukan monitoring secara manual. Maka untuk itu diperlukan sistem yang dapat melakukan monitoring terhadap benda kerja yang diukur dan dilakukan peletakkan secara tetap atau permanen. Untuk pengambilan data bisa dilakukan dengan cara nirkabel atau *wireless* dengan menggunakan sinyal wifi yang telah dihubungkan dengan *microcontroller* arduino. Sehingga operator atau teknisi akan mudah dalam pengambilan dan analisa data. Untuk analisa data dari pembacaan sensor ultrasonik, sensor suhu, dan sensor kelembaban yang telah diambil datanya melalui jaringan nirkabel, maka diperlukan analisa lebih lanjut. Untuk analisa tersebut maka digunakan metode RBI (*Risk Based Inspection*) sebagai parameter acuan range kriteria. Dan kemudian menggunakan logika fuzzy dengan decision support system atau sistem penunjang keputusan. Dari hasil analisa tersebut maka kita bisa mendapatkan tingkat laju korosi, remaining life (tingkat ketahanan material), kapan melakukan inspeksi atau maintenance, tingkat keringanan atau beratnya bahaya, dan lain lainnya.

Kata kunci: *ultrasonic, suhu, kelembaban, arduino, xbee, arduino, RBI, fuzzy, decision support.*

Abstract

To measure the thickness with ultrasonic thickness gauging is usually done manually with the help of the production operator or technician. In this case if there is a dangerous area such as high voltage, places are limited, chemicals, air pollution, and other hazards, it will have trouble against the operator or technician to monitor manually. So it is necessary for all systems that can monitor both the work piece is measured and performed regularly or permanently laying. And for retrieval of data it can be done by using a wireless or wireless wifi signal that has been associated with arduino microcontroller. So that the operator or technician will be easy in the collection and analysis of data. For the analysis of data from ultrasonic sensor readings, temperature sensor, and humidity sensor that taken the data over the wireless network, it would require further analysis. For this analysis we used the method RBI (Risk Based Inspection) as a reference parameter range of criteria. And then using fuzzy logic with decision support system or decision support systems. From the results of this analysis, we can get the level of corrosion rate, remaining life (resistant level material), when an inspection or maintenance, lightening or severity level of danger, and the others.

Keywords: *ultrasonic, temperature, humidity, arduino, xbee, arduino, RBI, fuzzy, decision support.*

1. Pendahuluan

Dalam pengambilan data ketebalan material dari suatu fasilitas minyak dan gas masih dilakukan secara konvensional dengan menggunakan tenaga kerja dari operator. Dimana untuk fasilitas atau peralatan misalnya bejana tekan, pipa, tangki, pompa, maka diperlukan peralatan dan persiapan yang memadai sebelum pengambilan ketebalan dari material tersebut.

Data tersebut diperlukan untuk memastikan bahwa terjaminnya kehandalan ataupun *integritas* dari peralatan tersebut apakah masih layak pakai ataupun perlu dilakukan perawatan rutin. Sedangkan lokasi dan lingkungan sekitar dari peralatan peralatan tersebut kemungkinan terdapat bahaya yang kemungkinan bisa timbul, misalnya ketinggian, kebocoran gas, listrik tegangan tinggi, dll.

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu dengan menempelkan sensor ultrasonik, suhu, dan kelembaban ke benda ataupun peralatan yang akan diukur ketebalannya. Untuk pembacaan data menggunakan antarmuka dari arduino dan modul nirkabel, sehingga tidak mempengaruhi pembacaan sensor jika dibandingkan dengan menggunakan kabel.

Untuk hasil analisa data yang didapatkan dari pembacaan data dari sensor ultrasonik yang dikoneksikan dengan menggunakan jaringan nirkabel, diperlukan pemrosesan data lebih lanjut. Hasil pembacaan ketebalan data akan di analisa dengan menggunakan metode *fuzzy decision support*, untuk mengetahui prediksi dari kapan diperlukan perawatan dan mengetahui tingkat laju korosi dari material ataupun peralatan yang akan diukur.

2. Dasar Teori

2.1 Plant Integrity

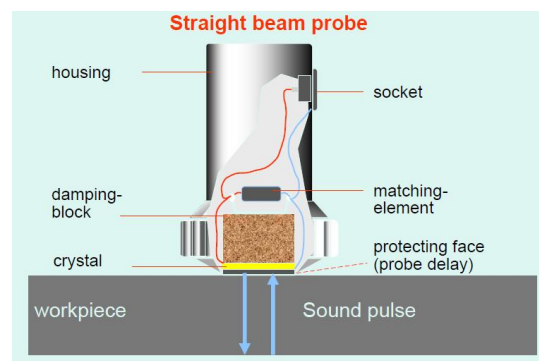
Plant integrity memperhatikan masalah seputar *reliability* (keandalan), *availability* (ketersediaan) dan juga *maintenability* (keterawatan). *Reliability* dalam arti sederhananya menjamin bahwa plant selalu dapat diandalkan (tidak mudah rusak). *Availability* lebih pada menjamin bahwa *plant* tersedia pada saat diperlukan (bisa di *start-up* dengan mudah dari kondisi *standby*-nya). *Maintenability* lebih kepada kepastian bahwa plant bisa dirawat (bisa diganti *spare part*-nya pada saat diperlukan).



Gambar 2.1 Plant Pengolahan Minyak Dan Gas Bumi Di Onshore Dan Offshore

2.2 Ultrasonic Thickness Gauging

Ultrasonik test merupakan salah satu bentuk NDT (*Non Destructive Test*) yang menggunakan gelombang suara sebagai media pengujian. Pengujian ini digunakan untuk mendeteksi kerusakan atau kelainan di dalam dan permukaan bahan metal dengan menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi.



Gambar 2.2 Skematik Gambar Dari *Transducer Probe* Ultrasonik Terhadap Benda Kerja

2.3 DHT-11 Sensor

DHT11 adalah sensor digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitarnya. Sensor ini sangat mudah digunakan bersama dengan Arduino. Memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik serta fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi disimpan dalam *program memory*, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu, maka module ini menyertakan koefisien tersebut dalam kalkulasinya, DHT11 ini termasuk sensor yang memiliki kualitas terbaik, dinilai dari respon, pembacaan data yang cepat, dan kemampuan anti-*interference*.

Ukurannya yang kecil, dan dengan transmisi sinyal hingga 20 meter, dengan spesifikasi: *Supply Voltage*: +5

V, *Temperature range: 0-50 °C error of ± 2 °C, Humidity: 20-90% RH ± 5% RH error*, dengan spesifikasi *digital interfacing system*, membuat produk ini cocok digunakan untuk banyak aplikasi-aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban.



Gambar 2.3 Sensor suhu dan kelembaban udara (DHT11)

2.4 Arduino UNO R3 Mikrokontroler

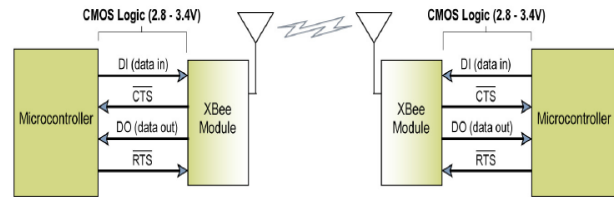
Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. *Arduino* ditujukan bagi para seniman, desainer, dan siapapun yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif.

Arduino Uno adalah *arduino board* yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. *Arduino Uno* memiliki 14 pin *digital* (6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 *input analog*, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah *header ICSP*, dan sebuah tombol *reset*.



Gambar 2.4 Mikrokontroler *Arduino Uno R3*

Modul RF *interface XBee/XBee-Pro* berhubungan melalui *logic-level asynchronous serial port*. Melalui *serial port* ini, modul dapat berkomunikasi dengan *logic* dan *voltage* kompatibel *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART)* atau melalui *level translator* ke semua *serial device*. *UART* atau *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* adalah bagian perangkat keras yang menerjemahkan bit-bit paralel data dan bit-bit serial. *UART* biasanya berupa sirkuit terintegrasi yang digunakan untuk komunikasi serial pada komputer atau *port serial* perangkat *peripheral*. *Device* yang memiliki *interface UART* dapat terhubung langsung pada pin modul RF. Sistem alur data diagram pada *UART* dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Sistem Alur Data Pada *UART*

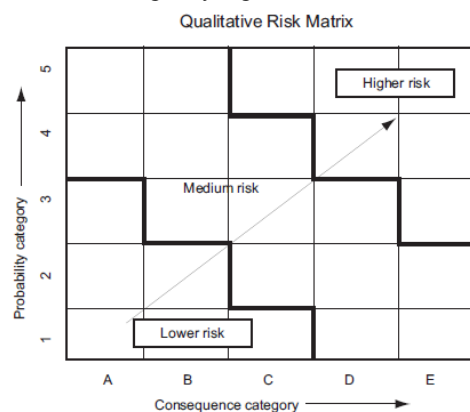
2.5 RBI (Risk Based Inspection)

Risk-Based Inspection (RBI) adalah tinjauan terhadap resiko dan manajemen proses yang difokuskan kepada pencegahan kerugian dari peralatan bertekanan tinggi yang dikarenakan oleh kerusakan material. *RBI* sebagai pendekatan berbasis resiko, memfokuskan perhatian secara spesifik terhadap peralatan dan mekanisme terjadinya kerusakan yang membahayakan sebuah fasilitas.

Tujuan dari *RBI* adalah untuk menentukan kemungkinan terjadinya sebuah insiden yang merugikan (*probability*) dan bagaimana dampak dari insiden tersebut (*consequence*). Sebagai contoh: jika terjadi sebuah korosi pada *pressure vessel*, maka beberapa dampak akan ditimbulkan.

Beberapa konsekuensi dari terjadinya insiden tersebut diantaranya, kerusakan dari peralatan, terbebasnya zat beracun ke lingkungan yang menyebabkan rusaknya lingkungan, terhentinya proses produksi dan menyebabkan kerugian secara ekonomi. Kombinasi dari kemungkinan terjadinya satu atau lebih peristiwa dengan konsekuensinya masing-masing akan menentukan resiko terhadap suatu operasi.

Pada Gambar 2.14, kategori *Consequence* dan *Probability* disusun sehingga resiko tertinggi kearah sudut kanan atas. Matriks ini biasanya digabungkan nilai angka dengan kategori-kategori untuk menghasilkan panduan kepada karyawan untuk melaksanakan penilaian (contoh, probabilitas kategori C terdiri dari 0.001 sampai 0.01). Ukuran yang berbeda pada matriks dapat digunakan (contoh 4 x 4, 5 x 5 dll). Tanpa melihat matriks yang dipilih, konsekuensi dan probabilitas harus menghasilkan perbedaan antara bagian yang dinilai.



Gambar 2.7 Contoh Matriks Resiko Menggunakan *Probability* Dan *Consequence*

2.6 Analisa Fuzzy Decision Support

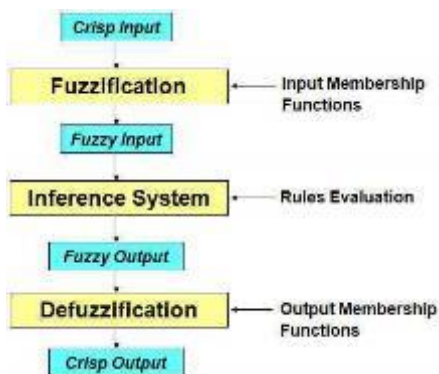
FDSS (*Fuzzy Decision Support System*) atau SPKF (Sistem Pendukung Keputusan dengan logika *Fuzzy*) merupakan sistem pembuat keputusan manusia-komputer untuk mendukung keputusan manajerial, dan intuisi untuk memecahkan masalah manajerial dengan memberikan informasi yang diperlukan, menghasilkan, mengevaluasi dan memberikan putusan alternative.

Dalam logika *fuzzy* dikenal berhingga keadaan dari nilai “0” sampai ke nilai “1”. Logika *fuzzy* tidak hanya mengenal dua keadaan tetapi juga mengenal sejumlah keadaan yang berkisar dari keadaan salah sampai keadaan benar. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, antara lain variabel *fuzzy*, himpunan *fuzzy*, semesta pembicaraan dan domain. Variabel *Fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *Fuzzy*.

Logika *fuzzy* terdiri dari 3 proses utama, yaitu fuzzifikasi, *inferensifuzzy* dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah perubahan seluruh variabel *input/output* ke bentuk himpunan *fuzzy*. Rentang nilai variabel *input* dikelompokkan menjadi beberapa himpunan *fuzzy* dan tiap himpunan mempunyai derajat keanggotaan tertentu.

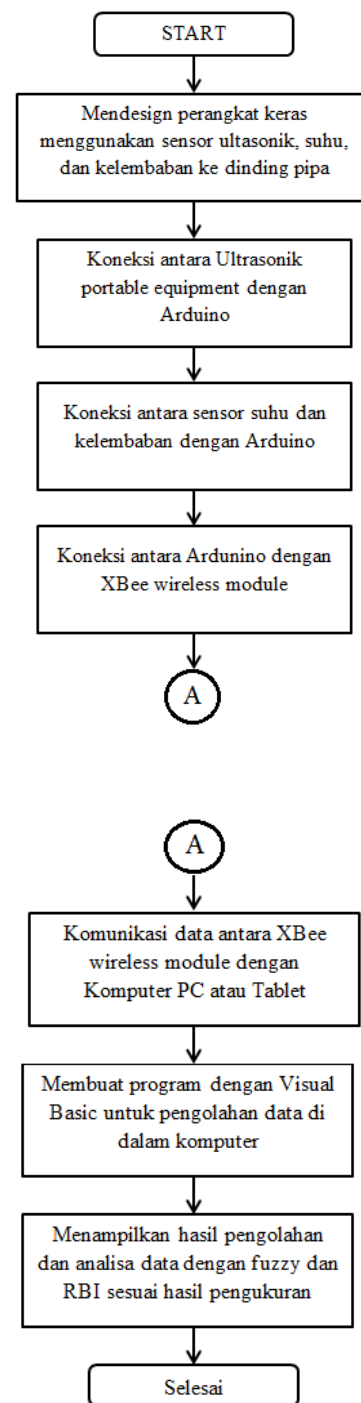
Bentuk fuzzifikasi menentukan derajat keanggotaan suatu nilai rentang *input/output*. Derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* dihitung dengan menggunakan rumus fungsi keanggotaan dari segitiga fuzzifikasi. Setelah fungsi keanggotaan untuk variabel masukan dan keluarannya ditentukan, basis aturan pengendalian dapat dikembangkan untuk menghubungkan aksi keluaran pengendali terhadap kondisi masukannya. Tahap ini disebut sebagai tahap inferensi, yakni bagian penentuan aturan dari system logika *fuzzy*. Sejumlah aturan dapat dibuat untuk menentukan aksi pengendali *fuzzy*.

Proses yang terakhir adalah defuzzifikasi, yaitu kerja yang mengubah aksi dari himpunan *fuzzy* menjadi suatu nilai tunggal. *Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai tegas (*crisp*) tertentu sebagai *output*.



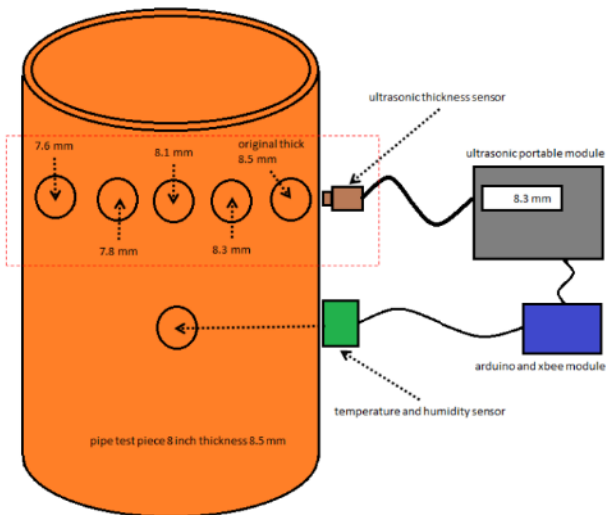
Gambar 2.8 Diagram Alur Dari Sistem Logika *Fuzzy*

3. Perancangan Sistem



Gambar 3.1 Diagram Alur Dari Perancangan Sistem

Pada Gambar 3.1 merupakan diagram alur untuk keseluruhan sistem yang dibuat untuk penelitian ini. Dimana digunakan perangkat keras dan perangkat lunak untuk keseluruhan sistem yang telah dirangkai dan diolah.



Gambar 3.2 Diagram Ilustrasi Dari Pipe Test Dan Sistem Perangkat Keras

Pada Gambar 3.2 menggambarkan untuk *test piece* atau *pipe test* yang akan diukur dengan modul utama (*node station*). Pipa yang digunakan merupakan potongan dari pipa dengan diameter 8 inci dan ketebalan 8.5 mm yang merupakan ketebalan *original* atau ketebalan standar dari pipa tersebut

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat yang sudah jadi dirancang baik *hardware* maupun *software*-nya. Aplikasi penggunaan sensor diletakkan pada sebatang pipa dengan diameter sebesar 8 inci dengan ketebalan sebesar 8.5 mm.

Alat kemudian diletakkan berdekatan dengan sensor dan pipa tersebut. Untuk tempat yang digunakan yaitu pada area lapangan yang jika memungkinkan dengan kondisi panas matahari.

Sedangkan untuk penerima datanya menggunakan PC bersistem *windows* yang dipakai dengan jarak sejauh 100 meter dari sensor dan benda kerjanya. Gambar 3.3 merupakan ilustrasi dari aplikasi di lapangan dan posisi alat dan benda kerja yang akan diukur.

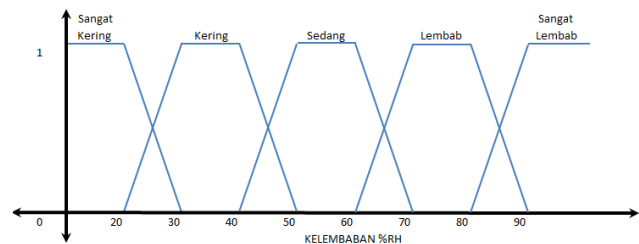
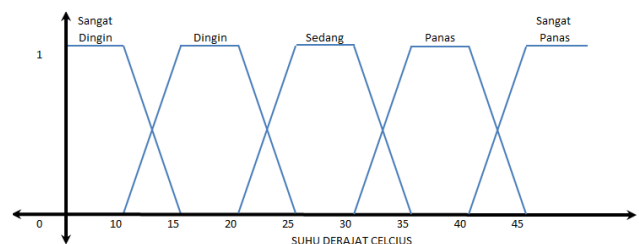


Gambar 3.3 Gambar Ilustrasi Dari Sistem Yang Dirancang

Analisa data yang dilakukan yaitu dengan menganalisa data yang didapat dari sensor ultrasonik untuk mengetahui ketebalan dari dinding pipa. Dari hasil data ketebalan pipa ini maka akan dijadikan satu dengan beberapa data parameter dari suhu, kelembaban, media yang dilalui, lama waktu, jenis benda, dan lain-lain.

Kemudian semua data tersebut akan dianalisa dengan menggunakan metode *fuzzy decision support* yang disesuaikan dengan kriteria dari metode RBI. Maka akan didapat keluaran yang dihasilkan sesuai hasil kalkulasi.

Untuk melakukan analisa menggunakan logika fuzzy maka digunakan *programming* dengan menggunakan program *Visual Basic* berbasis *windows*. Sehingga aplikasi yang jadi nanti akan bisa dibuka melalui komputer yang berbasis *windows*.



Gambar 3.4 Fungsi Keanggotaan Dari Nilai Suhu Dan Kelembaban

Pada Gambar 3.4, merupakan fungsi keanggotaan untuk data nilai suhu dan kelembaban. Pada nilai suhu fungsi keanggotaan dibagi menjadi 5 bagian yaitu:

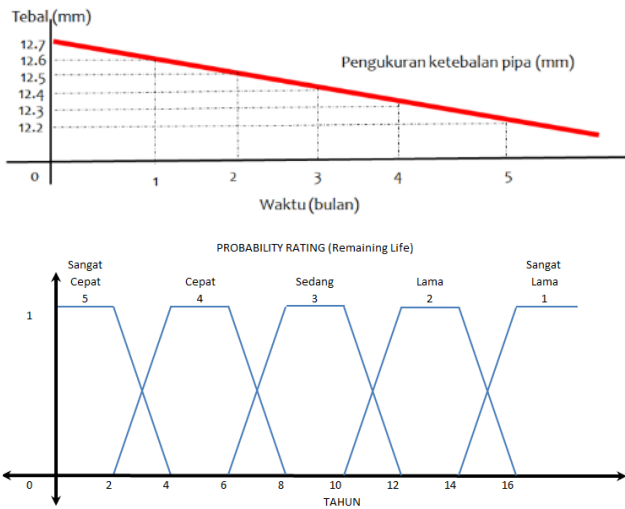
1. sangat dingin (range antara 0 sampai 15 derajat celsius)
2. dingin (range antara 10 sampai 25 derajat celsius)
3. sedang (range antara 20 sampai 35 derajat celsius)
4. panas (range antara 30 sampai 45 derajat celsius)
5. sangat panas (range diatas 40 derajat celsius)

Range diatas mempunyai nilai range suhu yang telah disesuaikan dengan range sensor DHT-11 yaitu 0 sampai 50 derajat celsius.

Sedangkan untuk nilai pada kelembaban dibagi menjadi 5 bagian yaitu:

1. sangat kering (range antara 0 sampai 30 %RH)
2. kering (range antara 20 sampai 50 %RH)
3. sedang (range antara 40 sampai 70 %RH)
4. lembab (range antara 60 sampai 90 %RH)
5. sangat lembab (range diatas 80 %RH)

Range diatas mempunyai nilai range kelembaban yang telah disesuaikan dengan range sensor DHT-11 yaitu 0 sampai 90 % RH (*relative humidity*).



Gambar 3.5 Grafik Penurunan Nilai Ketebalan Dan Fungsi Keanggotaan Dari *Remaining Life*

Pengukuran ketebalan material secara periodik akan mendapatkan penurunan data dikarenakan proses dari fasilitas. Hal ini dikalkulasikan dengan menentukan *corrosion rates* atau laju korosi. Yang selanjutnya hasil laju korosi digunakan untuk menentukan nilai dari *remaining life*, yang merupakan tingkat *maximum* suatu peralatan untuk sisa hidup atau pemakaian. Contoh grafik laju korosi dan *remaining life* dapat dilihat pada Gambar 3.5

Pada range untuk *remaining life* diatas mempunyai nilai range yang dibagi menjadi 5 bagian yaitu:

1. sangat cepat (range antara 0 sampai 4 tahun)
2. cepat (range antara 2 sampai 8 tahun)
3. sedang (range antara 6 sampai 12 tahun)
4. lambat (range antara 10 sampai 16 tahun)
5. sangat lambat (range diatas 14 tahun)

Hasil dari fungsi keanggotaan dari suhu, kelembaban, *remaining life* inilah yang akan diolah dengan analisa fuzzy untuk menghasilkan nilai risk rating atau tingkat resiko.

4. Analisa dan Hasil

Pengetesan dilakukan dengan melakukan pengukuran ketebalan pipa dengan jarak yang berbeda beda diluar ruangan. Dari hasil pengukuran tersebut didapat bahwa nilai ultrasonik tetap dan tidak berubah dengan jarak yang berbeda-beda. Sedangkan nilai suhu dan kelembaban berbeda-beda karena perbedaan kondisi lingkungan sekitarnya.

Tabel 4.2 merupakan hasil percobaan yang dilakukan berdasarkan jarak *wireless* xbee yang digunakan.

Tabel 4.1 Data Diambil Berdasarkan Jarak Dari Modul Secara *Wireless*

Estimasi Jarak (meter)	Ketebalan (mm)	Temperature (deg C)	Humidity (%RH)
5	8.5	28.22	67.43
10	8.5	26.21	68.32
20	8.5	23.21	70.45
50	8.5	25.23	72.21
100	8.5	26.45	69.43
150	8.5	30.12	71.32
200	8.5	31.23	74.22

Tabel 4.2 Pengambilan data ketebalan berdasarkan *interval* periodik waktu

Interval ke	Tanggal	Ketebalan actual	Ketebalan saat pengambilan data
1	9-Nov-14	8.5	8.5
2	16-Nov-14	8.3	8.3
3	23-Nov-14	8.1	8.1
4	30-Nov-14	7.8	7.8
5	7-Dec-14	7.5	7.5

Pengukuran *test piece* atau pipa dilakukan dengan menggunakan modul yang telah ter-integrasi dengan melalui lima tahapan.

Dimana untuk modul akan dinyalakan selama 1 bulan atau 5 minggu dan mengambil data dari ketebalan, suhu, dan kelembaban. Data dari pipa telah mempunyai lima ketebalan yang berbeda beda. Tabel 4.2 merupakan data untuk ketebalan dan *interval* secara periodik 1 minggu sebanyak 5 kali.

Pada Tabel 4.2 Pengambilan data secara *interval* dengan waktu yang aktual secara periodik membuktikan bahwa sistem dapat bekerja secara *online* dengan waktu yang dapat kita atur atau disesuaikan dengan kebutuhan dari pengambil data atau *operator*. Sehingga akan mempermudah operasional untuk sistem dan modul tersebut.

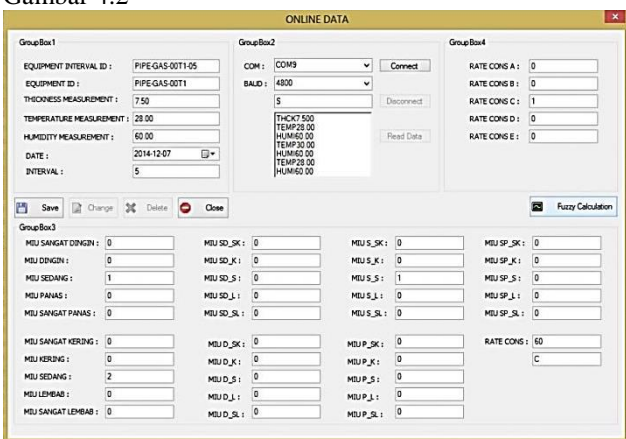


Gambar 4.1 Proses Pengambilan Data Pada Pipa Dengan Menggunakan Modul

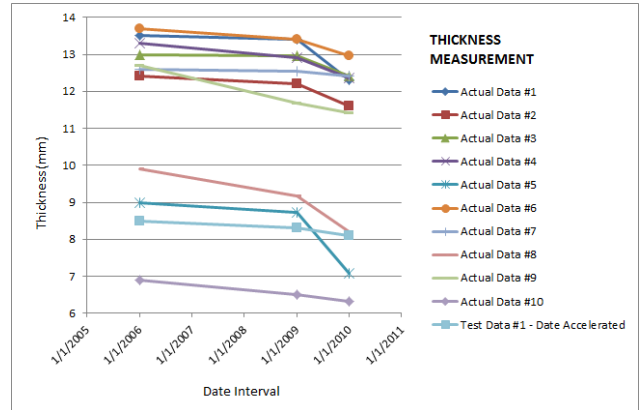


Gambar 4.2 Module Xbee Transmitter Yang Terhubung Ke Komputer

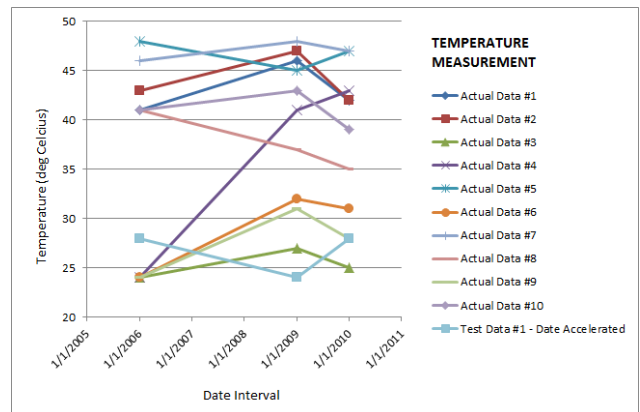
Untuk rangkaian yang telah dirangkai menjadi satu modul *node station* yang sedang melakukan pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.1 untuk hasil aktualnya. Sedangkan untuk modul *base station* terdiri dari modul Xbee dan USB *adapter* dapat dilihat pada Gambar 4.2



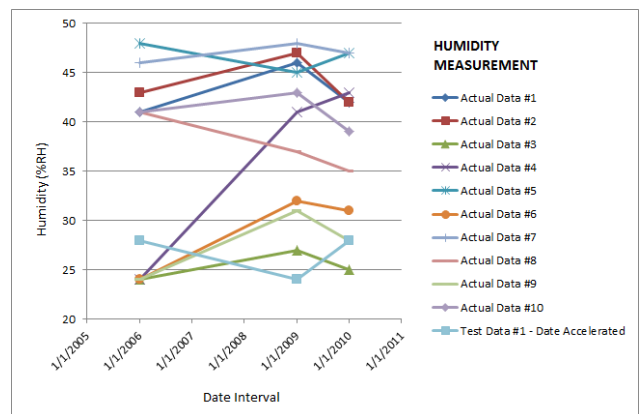
Gambar 4.3 Proses Pengambilan Data Pada *ONLINE MENU*



Gambar 4.4 Grafik Dari Perbandingan Data Ketebalan Aktual Dan Test



Gambar 4.5 Grafik Dari Perbandingan Data Suhu Aktual Dan Test



Gambar 4.6 Grafik Dari Perbandingan Data Kelembaban Aktual Dan Test

Dari penjabaran lewat grafik, dapat dilihat bahwa pada grafik Gambar 4.4, *thickness measurement* atau pengukuran ketebalan material maka dapat dilihat dengan perbandingan data aktual nomor 1 sampai nomor 10 akan mengalami penurunan sesuai dengan periode waktu. Begitu juga dengan data test nomor 1 yang waktu nya disamakan dengan waktu periode aktual data. Sehingga

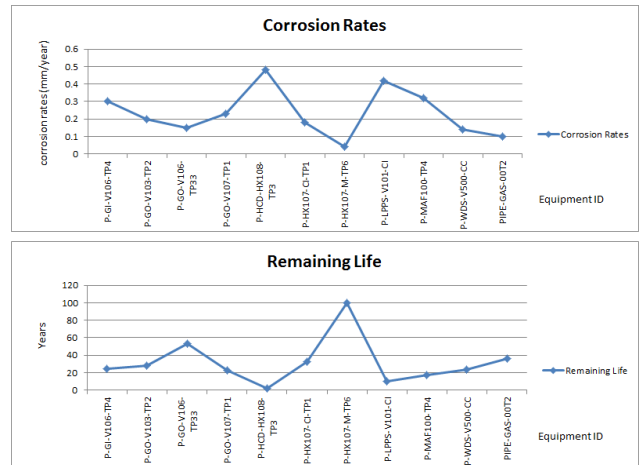
data test bisa merepresentasi atau mewakili untuk data secara aktual. Sehingga bisa diimplementasikan untuk aktual di lapangan untuk pengambilan data.

Selanjutnya untuk Gambar 4.5. *temperature measurement* atau pengukuran suhu dan Gambar 4.6, *humidity measurement* atau pengukuran kelembaban mempunyai data yang terlihat secara acak bisa mengalami penurunan dan kenaikan nilai sesuai periode waktu. Hal ini dikarenakan perubahan suhu dan kelembaban dari suatu lokasi tidak bisa diprediksi dan disesuaikan dengan kondisi cuaca atau lingkungan sekitar waktu pengambilan data.

Dimana pada menu "ONLINE" pada Gambar 4.3 ini, analisa *fuzzy* dilakukan untuk *rules rating* pada *consequence* yang didapat dari *rules* suhu dan kelembaban.

Gambar 4.7 Proses Pengisian Data Pada OFFLINE MENU

Gambar 4.8 Proses Pengisian Data Pada CALCULATION MENU



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Antara Corrosion Rates Dan Remaining Life

Pada gambar 4.8, di menu "CALCULATION", merupakan data hasil penggabungan antara data menu "ONLINE" dan menu "OFFLINE" pada Gambar 4.7, atau data aktual lapangan dan data kalkulasi dari engineering. Sehingga dihasilkan data data hasil kalkulasi seperti, *corrosion rates* (laju korosi), *remaining life* (sisa hidup), *inspection interval* (periode pemeriksaan).

Dimana pada menu "CALCULATION" ini, analisa *fuzzy* dilakukan untuk *rules rating* pada *probability* yang didapat dari *rules remaining life*.

Dan dilihat pada grafik Gambar 4.9, bahwa untuk *corrosion rates* dan *remaining life* akan berbanding terbalik nilainya. Dimana jika *corrosion rates* lebih besar maka *remaining life* akan lebih kecil atau cepat, dan sebaliknya.

Berikut hasil penjabaran masing masing kalkulasinya.

$$Remaining\ Thickness = (Thickness\ Measurement - Thickness\ Minimum) \quad (4.1)$$

$$Corrosion\ Rates = \frac{TMax - TMin}{DateMax - DateMin} \quad (4.2)$$

TMax = Thickness Measurement pada Interval Maximum

TMin = Thickness Measurement pada Interval Minimum

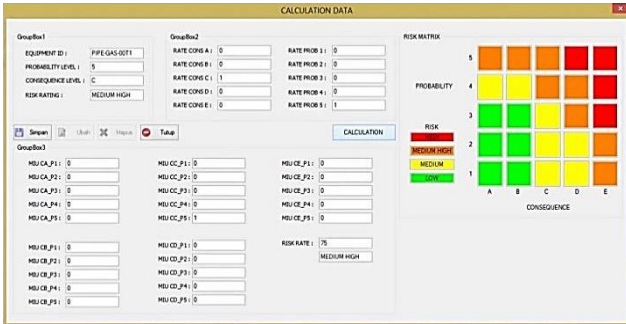
DateMax = Date pada Interval Maximum

DateMin = Date pada Interval Minimum

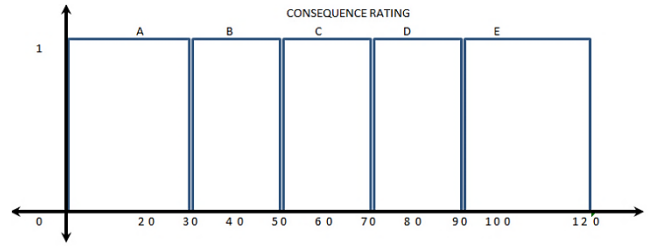
$$Remaining\ Life = \frac{Remaining\ Thickness}{Corrosion\ Rates} \quad (4.3)$$

$$Interval = \frac{Remaining\ Life}{2} \quad (4.4)$$

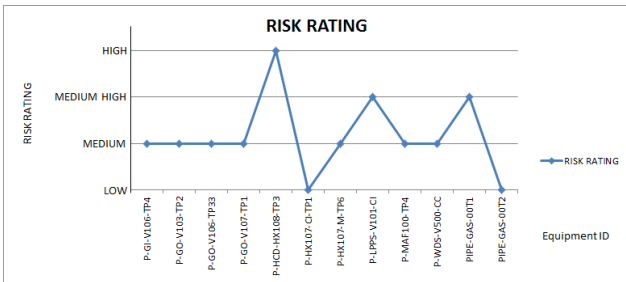
Sumber: *Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems, API 570 Third Edition, November 2009*



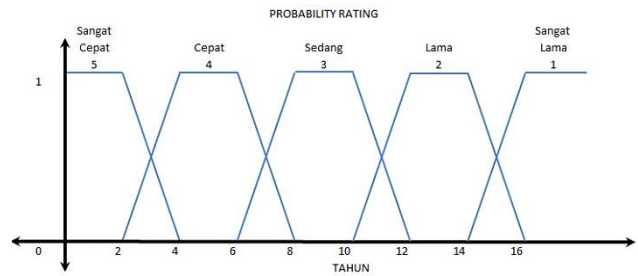
Gambar 4.10 Proses Pengisian Data Pada RISK MENU



Gambar 4.12 Tingkat Rating Defuzzifikasi Pada Konsekuensi



Gambar 4.11 Grafik Hasil Risk Rating Dari Setiap Peralatan



Gambar 4.13 Tingkat Rating Pada Probabilitas

Pada gambar 4.10, pada menu “RISK”, merupakan hasil akhir dari kalkulasi dari semua data yang diperlukan dan telah diolah pada masing masing menu sebelumnya. Dan dapat dilihat pada setiap *equipment ID* akan mempunyai *risk level* atau *risk rating* sesuai hasil perhitungan dari analisa *fuzzy*. Dan pada grafik Gambar 4.11 dapat dilihat setiap *Equipment ID* mempunyai hasil *risklevel* sesuai dengan analisa data yang telah diproses.

Dimana pada menu “RISK” ini, analisa *fuzzy* dilakukan untuk *rules rating* pada *probability* dan *consequence* sesuai dari *risk matrix standard* yang dipakai.

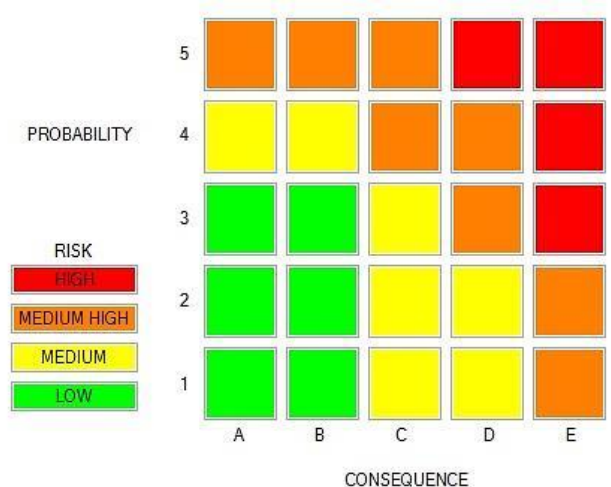
Risk level atau *Risk Rating* ini merupakan hasil akhir dari analisa *fuzzy* yang digunakan untuk pedoman suatu peralatan apakah masih tingkat aman atau bahaya.

Dengan memutuskan bahwa semakin panas dan kering maka lingkungan sekitar akan mempunyai tingkat dampak yang akan besar jika mengalami kebocoran dan peledakan serta dampak kebakaran dari peralatan yang diukur. Dan sebaliknya semakin dingin dan lembab maka lingkungan sekitar mempunyai dampak yang kecil. Untuk rating dari *defuzzifikasi* dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Setelah mendapatkan rating konsekuensi maka selanjutnya menentukan rating probabilitas seperti pada Gambar 4.13. Dan probabilitas disini merupakan tingkat *remaining life* berdasarkan ketebalan material.

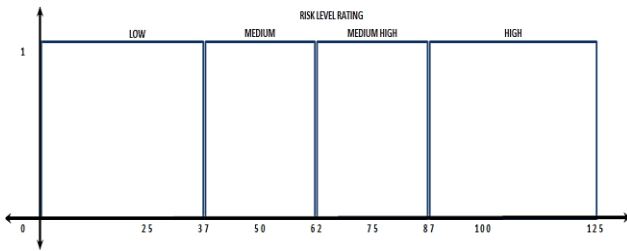
Tabel 4.3 Perbandingan Data Aktual Dan Test Untuk Data RISK

No	Equipment_ID	Probability	Consequence	Risk_Rating
Actual Data				
1	P-GI-V106-TP4	1	C	MEDIUM
2	P-GO-V103-TP2	1	C	MEDIUM
3	P-GO-V106-TP33	1	C	MEDIUM
4	P-GO-V107-TP1	1	C	MEDIUM
5	P-HCD-HX108-TP3	5	D	HIGH
6	P-HX107-CI-TP1	1	B	LOW
7	P-HX107-M-TP6	1	C	MEDIUM
8	P-LPPS-V101-CI	3	D	MEDIUM HIGH
9	P-MAF100-TP4	1	C	MEDIUM
10	P-WDS-V500-CC	1	C	MEDIUM
Test Data				
1	PIPE-GAS-00T1	5	C	MEDIUM HIGH
2	PIPE-GAS-00T2	1	B	LOW



Sumber: Risk-Based Inspection Technology, API Recommended Practice 581, Second Edition, September 2008

Gambar 4.14 *Matrix Risk Rating*



Gambar 4.15 Gambar Tingkat *Rating Defuzzyfikasi Pada Risk Rating*

Dari hasil rating konsekuensi dan probabilitas maka dilakukan perhitungan *fuzzy* lagi yang kedua kalinya. Dimana *risk matrix* yang digunakan pada Gambar 4.14

Untuk nilai dari tingkat rating defuzzyfikasi dapat dilihat pada Gambar 4.15. Dari hasil *risk rating* tersebut maka dihasilkan data untuk setiap peralatan yang diukur dan disimpan melalui *database*.

Untuk data yang diinput secara manual atau berdasarkan data sebelumnya dan actual data dari lapangan kerja maka akan dapat dihasilkan database yang mempermudah kita dalam analisa data untuk tingkat atau rating resiko dari setiap peralatan yang telah diukur dan dimonitor.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas maka dapat diambil kesimpulan:

- 1 Bahwa pengambilan data dengan sensor ultrasonik, sensor temperature, dan sensor kelembaban dapat dilakukan secara *wireless* dengan menggunakan modul yang ter-*integrasi* antara rangkaian arduino, xbee, dan sensor sesuai dengan kebutuhan.
- 2 Perbandingan antara data aktual lapangan dengan data test mempunyai hasil yang sama sehingga dapat dijadikan acuan sebagai implementasi untuk penerapan di lapangan. Penerapan di lapangan akan mempermudah sistem *monitoring* dibandingkan menggunakan sistem *manual*.
- 3 Untuk sistem pengambilan atau pengukuran data setelah pemasangan modul, maka *operator* bisa melakukan pengukuran kapan pun sesuai dengan keinginan dan kebutuhan tanpa perlu turun kelapangan atau menuju ke benda kerja.
- 4 Hasil analisa *fuzzy decision support* dapat dijadikan acuan untuk peralatan dan benda kerja yang diukur sehingga dapat membantu pengambilan keputusan mana saja dari peralatan atau benda yang diukur yang mempunyai resiko besar dan kecil. Sehingga memudahkan perawatan dan perbaikan untuk peralatan.

- 5 Dengan analisa *fuzzy* yang menggunakan sistem database web atau internet, akan mempermudah akses untuk melihat data secara *online* atau lewat *internet*.

5.2 Saran

Untuk penerapan di lapangan ataupun aktual maka diperlukan beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya yaitu:

1. Untuk mempermudah implementasi di lapangan maka diperlukan tempat atau *casing* dari module yang dirangkai agar tahan terhadap perubahan suhu dan kondisi disekitar peralatan sehingga diperlukan penelitian terhadap ketahanan dari *casing* tersebut.
2. Sumber energi dari *battery rechargeable* perlu diperhatikan untuk penggunaan jangka waktu yang lama sehingga dibutuhkan kualitas yang bagus.
3. Cara peletakan sensor terhadap dinding pipa atau benda kerja harus dilakukan secara presisi dan tepat untuk menghindari kesalahan data dan diperlukan kalibrasi secara berkala untuk memastikan sensor masih berjalan.
4. Rangkaian *node station* diperkecil lagi dengan ter-*integrasi* dengan sensor didalamnya tanpa adanya kabel lagi untuk mempermudah peletakan dan akses.
5. Untuk metode penentuan *consequence* dapat dilakukan juga dengan mengintegrasikan antara sensor *pressure* dan sensor suhu pada peralatan yang sedang beroperasi.

Daftar Pustaka

- [1] American Petroleum Institute, "Risk-Based Inspection Downstream Segment API Recommended Practice 580 Second Edition, November 2009".
- [2] American Petroleum Institute, "Piping Inspection Code : In-Service Inspection, Rating, Repair, And Alteration Of Piping Systems, API 570 Third Edition, November 2009".
- [3] American Petroleum Institute, "Risk-Based Inspection Technology API Recommended Practice 581 Second Edition, September 2008".
- [4] Sri Kusumadewi, Hari Purnomo, "Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan", Edisi Kedua, Graha Ilmu, 2013, Yogyakarta.
- [5] Robert Faludi, "Building Wireless Sensor Networks", First Edition, 2010, O'reilly Media, USA.
- [6] Taryana Suryana, "Visual Basic", Cetakan Pertama, 2009, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [7] Muhammad Sadeli, "Pemrograman Database Dengan Visual Basic 2010", Cetakan Pertama, 2013, Palembang.
- [8] Abdul Kadir, "Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler Dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino", Andi Offset, 2013, Yogyakarta.

- [9] Digi International Inc., “*Product Manual V1.Xex - 802.15.4 Protocol Xbee®/Xbee-Pro® Rf Modules*”, 2009, Digi International, Inc.
- [10] Tegassutondo, “*Dasar Teori Ultrasonik Test*”, 2014.
- [11] Landtek Instrument Ltd., “*TM-8812 Digital Ultrasonik Thickness Meter*”, Operation Manual Book, 2014.
- [12] Cordex Instruments Ltd, “*Intrinsically Safe Ultrasonik Testers: How Important Are They?*”, Manual Book, 2014.
- [13] The Hashemite Ndt Center, “*Introduction To Non-Destructive Testing Techniques Ultrasonik Testing*”, 2014.
- [14] A. Anastasopoulos & J. Redmon, “*Integrating Risk Based Inspection Into Plant Condition Monitoring Software*”, Envirocoustics S.A., El. Venizelou 7, 14452 Athens, Greece.
- [15] Vimal Upadhyay, Krishna Kant Agrawal, Mukesh Chand and Devesh Mishra, “*Ultrasonic Sensors Supervision of Petrochemical and Nuclear Plant*”, HCTL Open IJTIR, Volume 1, January 2013
- [16] Takashi Kuroishi, Nobuhiko Nishimura, Hirotoshi Matsumoto, Akira Shiibashi, Fumitoshi Sakata, Kiyotaka Aoki, “*Guided Wave Pipe Inspection and Monitoring System*”, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd, Technical Review Vol. 42 No. 3 (Oct. 2005)