

Komputasi Pengukuran *pH* Cairan Berbasis *IoT* untuk Mendukung Industri 4.0

Computational pH Level of Liquid Based on IoT to Support Industry 4.0

Handoko Setyo Kuncoro

Balai Besar Keramik, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri

Kementerian Perindustrian

Jl. Jenderal Ahmad Yani 392 Bandung, Indonesia

email: kuncoro,hs@gmail.com

Abstrak -- Artikel ini membahas studi komputasi pengukuran level *pH* cairan dalam mendukung industri 4.0 yang berbasis Internet of Things (*IoT*). Obyektif dari studi pengukuran ini diantaranya agar mampu memberikan data level *pH* cairan (atau larutan kimia lainnya) secara realtime dan serentak sehingga berpotensi meningkatkan kecepatan dan kemudahan pengambilan keputusan manajerial khususnya terhadap proses-proses kimiawi yang penting bagi Industri, Metode yang digunakan mengikuti urutan fase transformasi industri 4.0 yang disederhanakan dalam kegiatan instalasi perangkat keras, instalasi perangkat lunak, pemrograman perangkat dan pemrograman jaringan. Sebagai studi kasus telah dibuat contoh penerapan sederhana pada pengukuran level *pH* untuk air mineral dalam kemasan komersial dan air bersih dari alam, Artikel ini awalnya akan dijelaskan pemanfaatan antarmuka BPH-231 dengan probe *pH* PE-03 dari produk Lutron sebagai input data bagi proses komputasi, Kemudian dijelaskan metode komputasi menggunakan perangkat lunak SCILAB 5.5.2 dan aplikasi jaringan XAMPP dengan bahasa pemrograman PHP. Sebagai sampel uji dipilih air mineral yang telah dididihkan dari pegunungan Manglayang kabupaten Bandung Jawa Barat dan air mineral produk AQUA. Analisis pengukuran level *pH* digital berbasis *IoT* menunjukkan hasil yang lebih akurat dan presisi dibandingkan menggunakan standar kertas lakmus konvensional Hasil instalasi dan pemrograman perangkat serta jaringan berbasis internet terbukti memberikan pengukuran realtime dan dapat diakses serentak dari berbagai lokasi sehingga akan membantu pengambilan keputusan manajerial lebih mudah dan cepat.

Kata Kunci – Pengukuran berbasis *IoT*, level *pH*, proses kimia realtime, industri 4.0

Abstract -- This article discusses computational measurements study of *pH* levels for liquids to support industry 4.0 based on Internet of Things (*IoT*s). The main objective of this study is to be able to provide the data of *pH* level of liquids (or other chemical solutions) in real time and simultaneously so that it has the potential to increase the speed and ease of managerial decision making, especially for chemical processes that are important to industry. The method used follows the industry 4.0 transformation

phase sequence which is simplified in some research activities such as hardware installation, software installation, device programming and network programming. As a case study, it has been made a simple application for measuring *pH* levels in commercial bottled mineral water and natural clean water. This article will initially explain the utilization of the BPH-231 interface with a *pH* PE-03 probe from Lutron products as input data for the computational processes. Then we explain the computational method using SCILAB 5.5.2 software and XAMPP network applications using the PHP programming language. As specimen samples, it has been selected the boiled natural clean water from the Manglayang mountains near Bandung city, West Java and commercial mineral water of AQUA products. Analyses of *IoT*-based digital *pH* level measurements have shown more accurate and precise results than using conventional litmus paper standards. The overall results for both device installations and internet-based programmings are proven to provide realtime data measurements and can be accessed from various locations simultaneously so that they will make managerial decision making easier and faster.

Keywords – *IoT* based measurement, *pH* level, chemical process, real-time, industry 4.0

I. PENDAHULUAN

Terkait dengan program Kementerian Perindustrian tentang *making Indonesia 4.0*, studi ini akan mengulas digitalisasi pengukuran level *pH* yang banyak digunakan dalam industri bahan baku nasional (termasuk industri keramik) dengan memanfaatkan teknologi *IoT*. [1] Sebagaimana diketahui bersama bahwa pemerintah Indonesia pada tahun 2018 ini telah memberlakukan program *making Indonesia 4.0* [2] yang mana hal tersebut dibarengi dengan diterbitkannya beberapa kebijakan nasional baru diantaranya program industri 4.0 [3] oleh Kemenperin, rencana perubahan kurikulum pendidikan nasional [4] oleh Kementerian Ristekdikti, dan penambahan insentif perpajakan [5] untuk industri 4.0 oleh Kemenkeu.

Sejarah perubahan fase industri [6][7] diawali dari desain mesin tunggal (*physical layer*) pada fase pertamanya [8], kemudian diteruskan dengan integrasi mesin-mesin dalam *assembly line* pada revolusi 2.0, pada waktu itu [9] telah ada perangkat lunak berbahasa mesin sederhana (*soft layer*). Pengendalian mesin-mesin ini memerlukan penggunaan piranti elektronik seperti mikrokontroler dan PLC yang memulai masa industri 3.0 [10] hingga berkembang pada teknologi informasi [11] yang tidak hanya mengatur mesin-mesin tetapi juga manusia dalam satu wadah industri (sistem informasi pabrikasi), Kebutuhan untuk tetap *survive* suatu industri [12] mengakibatkan meluasnya area manajemennya menuju pengaturan yang lebih global seperti pengelolaan rantai pasok industri yang menandai lahirnya revolusi industri 4.0 [13], dimana pemakaian teknologi internet atau *online system* semakin meningkat.[14][15][16] Mobilitas data dan informasi melalui peralatan dan manusia sangat dibutuhkan dalam revolusi industri 4.0 yang akan menciptakan mesin manufaktur (termasuk alat ujinya) yang bisa diakses secara simultan dan *realtime*. [17][18]

Penelitian pengukuran besaran-besaran fisis untuk larutan dalam industri secara intensif dilakukan dalam dekade terakhir ini. Seperti ditunjukkan dalam peta riset gambar berikut ini.

Area \ Sensor cairan	Level	Suhu	pH
Microcontroller	Makanjuola dkk. (2020) ¹⁹	K.K.Khaing dkk. (2020) ²³	Abdullah dkk. (2011) ²⁷
PC-based	Stamatescu dkk. (2010) ²⁰	I. Oghogho (2012) ²⁴	F. Hadiatna dkk. (2019) ²⁸
Local Area Net.	Mary dkk. (2019) ²¹	N.A. Khairi dkk. (2013) ²⁵	M. Rivai dkk. (2010) ²⁹
IoT	Gupta dkk. (2020) ²²	Rahman dkk. (2020) ²⁶	Handoko S.K. (Riset ini)

Gambar 1. Daftar peta penelitian sensor untuk cairan dari beberapa besaran fisis dalam dekade terakhir [19][20][21][22][23][24][25][26][27][28]

Selain riset-riset ini relevan dengan topik penelitian saat ini (50% dilakukan dalam 2 tahun terakhir), data diatas juga menunjukkan tren teknologi yang digunakan saat ini mengarah pada penggunaan teknologi berbasis *IoT*. Riset pengukuran *pH* dalam larutan relatif jarang saat ini dibandingkan dengan pengukuran besaran fisis lainnya dalam larutan. Karena itu penelitian tentang pemakaian *pH* meter menggunakan teknologi *IoT* perlu terus dikembangkan lebih lanjut khususnya untuk keperluan industri.

Sebagai studi kasus pengukuran *pH* berbasis *IoT* ini telah dipilih air mineral sebagai sampel ujinya, Air merupakan sarana penting dalam kehidupan dan industri modern. Pada industri pengolahan mineral, air telah banyak digunakan sebagai pelarut dari banyak reaksi kimia yang dilakukan dalam proses produksinya, Untuk industri keramik, misalnya

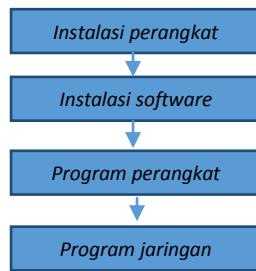
dalam proses persiapan bahan baku tetap memerlukan air dalam pembuatan slip dan bahan bakunya. Khusus industri makanan dan minuman, kualitas air mineral sebagai bahan baku banyak menentukan mutu dari produk makanan dan minuman yang dihasilkan. Bahkan tingkat *pH* air mineral dari produk minuman ini telah dijadikan syarat layak tidaknya untuk dikonsumsi masyarakat.[29] Karena itu sebagai contoh kasus penelitian ini akan diuji tingkat *pH* air mineral dalam kemasan (galon) merk Aqua, yang mana produk merk ini memiliki *market share* lebih dari 90% dari merk air mineral lainnya.[30] Selain itu juga akan diuji *pH* air mineral alam dan air mineral rebusan (dididihkan) yang banyak juga dikonsumsi masyarakat.

Penggunaan alat ukur *pH* meter untuk mengukur air mineral secara tipikal tidak jauh berbeda dengan penggunaannya untuk mengukur level *pH* pada proses reaksi kimia (larutan kimia) di industri pada umumnya. Sehingga hasil penelitian ini, walaupun mengambil studi kasus pengukuran level *pH* air mineral, namun sesungguhnya bisa juga diterapkan untuk membantu pengendalian proses kimiawi larutan dalam industri. Karenanya keberhasilan pembangunan digitalisasi *pH* meter berbasis *IoT* ini menjadi hal yang sangat penting. Beberapa kesulitan harus diselesaikan diantaranya masalah kalibrasi yang harus selalu dilakukan rutin dan juga tentang perhitungan akurasi dan presisi yang memerlukan data dari pabrik. Studi ini bermaksud menjelaskan bagaimana membangun pengukuran level *pH* cairan secara *realtime* dengan menggunakan metode pendekatan 4 fase revolusi industri yakni pengembangan: *physical layer*, *soft layer*, teknologi informasi, sistem informasi yang disederhanakan. Untuk membatasi cakupan masalah dan kesulitan awal dalam penelitian, pembahasan studi ini hanya difokuskan pada pengukuran level *pH* secara *realtime* dan simultan saja, sedangkan masalah kalibrasi diasumsikan sudah bisa diotomasi rutin (misalnya dengan teknologi robot) sehingga cukup dijelaskan sekali cara manualnya. Supaya tidak melebar juga tidak dibahas beberapa parameter-parameter *IoT* lainnya seperti: akurasi data transmisi, *delay/latency*, *load/capacity* dan *network efficiency*. Untuk mengukur akurasi juga diasumsikan menggunakan hasil ukur penelitian sebelumnya dan pendekatan kemungkinan kesalahan terbesar untuk skala maksimum. Sebagai informasi tambahan bahwa riset ini juga dilakukan sebagai pemacu kegiatan PRN Litbang Pembesaran Skala Produksi Bahan Baku Baterai Lithium Merah Putih yang nantinya bisa digunakan membantu proses monitoring *pH* untuk ekstraksi titanat dan hematit.

II. METODOLOGI

Metode penelitian ini didekati dengan fase-fase dalam revolusi industri 4.0 dimana arah prosesnya mengikuti penelitian sebelumnya meliputi pembangunan: *physical layer*,

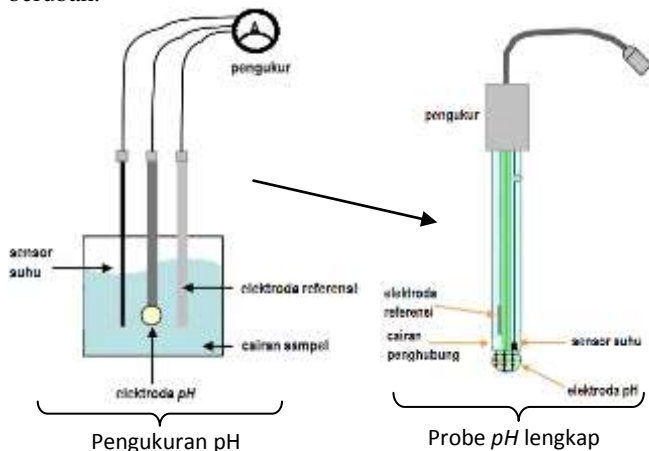
soft layer, IT layer dan IS layer yang diwakili dalam diagram alir berikut,



Gambar 2, Diagram alir metode penelitian

Instalasi Perangkat

Perangkat keras *pH* meter elektronik umumnya terdiri atas *probe* (sebagai sensor) dan pengukur (sebagai pengolah dan pengendali penyimpanan data). Konsep atau cara kerja probe ditunjukkan oleh Gambar 3 identik dengan sistem sel elektrokimia. Dimana terdapat 2 elektroda yakni elektroda *pH* dan elektroda referensi dan cairan sebagai bahan elektrolitnya. Temperatur juga diukur oleh sebuah probe sebagai kompensasi karena temperatur juga mempengaruhi nilai *pH* larutan. Penghubung cairan umumnya terbuat dari keramik yang menghubungkan elektrolit dalam dengan cairan yang diukur untuk mengalirkan arus listrik tanpa terjadi reaksi kimia, sehingga potensial elektrolit beserta elektrodanya tidak berubah.



Gambar 3, Konsep pengukuran *pH* dan probe *pH* lengkap

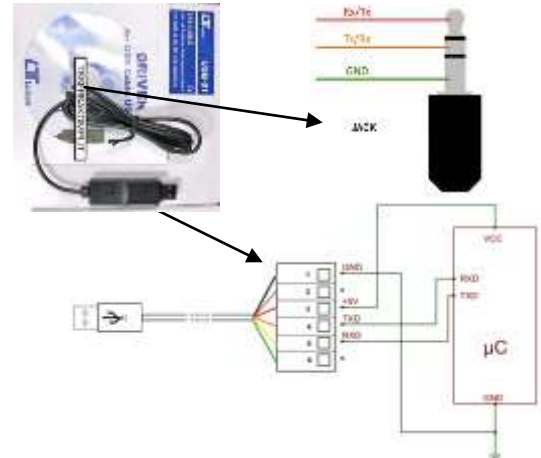
Bagian pengukur berisi rangkaian elektronik sederhana yang bisa membandingkan potensial elektroda *pH* dan referensinya dan mengontrol penyimpanan data ukur (termasuk temperatur). Untuk pengolahan lebih lanjut dan kalibrasi alat diperlukan *interface* ke komputer. Beberapa *interface* bisa bekerja mandiri dan juga bekerja sebagai pemroses dan peraga

hasil ukur. Namun demikian alat ukur ini belum bisa bekerja secara online.



Gambar 4, Perangkat yang digunakan dalam penelitian: probe *pH* P-03, interface BPH-231, komputer (laptop)

Gambar 4 memperlihatkan perangkat yang diperlukan dalam membangun sistem pengukuran level *pH* cairan berbasis *IoT* yang terdiri dari probe *pH*, *interface*, dan komputer/laptop. Dalam penelitian ini digunakan *interface* BPH-231 dan probe *pH* P-03 dari perusahaan LUTRON. Kalibrasi *pH* meter bisa dilakukan dengan BPH-231 dengan memasukkan elektroda *pH* hingga penghubung cairan dalam larutan buffer *pH* 4 dan *pH* 7. Bilamana peraga atau *display* tidak menunjukkan *pH* yang sesuai dengan larutan buffernya untuk menyesuaikannya tinggal menekan tombol kalibrasi yang ada pada BPH-231. Tidak seperti pengaturan pembacaan oleh probe *pH*, *interface* BPH-231 menyediakan standar komunikasi data tingkat tinggi untuk menghubungkan data ke komputer, yakni menggunakan protokol komunikasi serial RS-232. Agar keluaran data serial dari jack BPH-231 bisa dihubungkan ke komputer diperlukan kabel konversi jack ke usb seperti ditunjukkan gambar 5. Kabel ini dilengkapi dengan mikrokontroler (μC) untuk mengatur proses komunikasi data serial.



Gambar 5, Rangkaian untuk komunikasi serial RS-232 penghubung komputer dan BPH-231

Agar perintah dari mikrokontroler dapat diakses komputer masih diperlukan lagi perangkat lunak *driver* yang sumber kodenya ada dalam CD/DVD seperti ditunjukkan Gambar 5. kanan atas. Instalasi perangkat lunak untuk komputasi akan dijelaskan selanjutnya.

Instalasi Perangkat Lunak

Setelah driver terpasang, perangkat lunak untuk komputasi yang lebih kompleks juga harus dipasang dalam komputer. Dalam penelitian ini digunakan program SCILAB 5.5.2. untuk komputasi data. Perangkat lunak ini dipilih karena tidak berbayar dan memiliki modul atau toolbox untuk komunikasi serial. Namun toolbox ini tidak tersedia langsung ketika instalasi SCILAB 5.5.2 dan harus dipasang setelahnya. Untuk pengambilan data dari mikrokontroler ke laptop/pc diperlukan inisialisasi komunikasi serial dengan mengkonfigurasi port serial yang digunakan. Beberapa parameter komunikasi serial yang harus diset diantaranya nomor port, *baudrate* transfer data, jumlah bit data, bit *stop*, paritas dan kontrol aliran data.



Gambar 6. Beberapa parameter dalam data serial

Pengisian nomor port tergantung port serial yang digunakan di laptop/pc sedangkan nilai tipikal *baudrate* serial adalah 9600 dan bit paritas bernilai *none*. Untuk data bit berjumlah 8 parameter paket datanya ditunjukkan dalam Gambar 6. Untuk mengecek keberhasilan komunikasi serial antara mikrokontroler dan laptop/pc bisa digunakan program kecil Termite 3.4 yang bisa diunduh gratis dari internet.

o Instalasi XAMPP

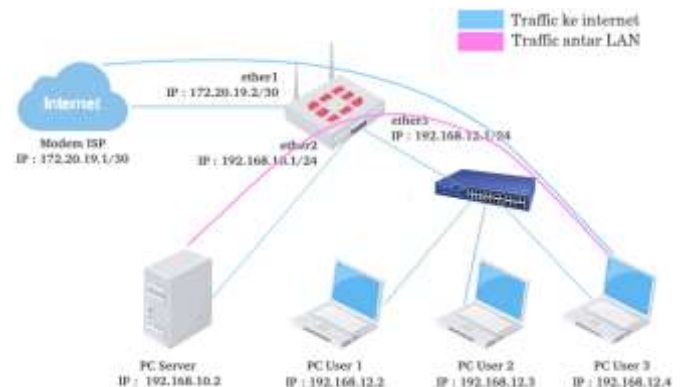
Perangkat lunak XAMPP sebenarnya sangat kompleks karena memadukan perangkat lunak basis data dan perangkat lunak jaringan (internet/intranet). Namun dalam penelitian ini tidak akan dibahas mengenai pemrograman basisdata karena hanya mengambil contoh pengolahan data yang sederhana saja. Seperti halnya program SCILAB 5.5.2, program XAMPP juga termasuk perangkat lunak yang tidak berbayar sehingga lebih ekonomis untuk diterapkan. XAMPP dilengkapi dengan pemrograman berbasis jaringan (web) yakni program PHP yang mana akan kita bahas selanjutnya. Untuk dapat menerapkan XAMPP secara simultan, sebelumnya harus disiapkan terlebih dahulu jaringan lokal (LAN) atau jaringan globalnya (Internet). Sehingga hasil program bisa diakses dari berbagai tempat di pabrik/kantor atau dari rumah sekalipun (bila di rumah disediakan fasilitas internet).

Program Perangkat (SCILAB 5.5.2)

Pemrograman perangkat lunak ditujukan untuk mengakses perangkat keras yang telah dipasang dan mengendalikan data dari perangkat keras ke komputer. Sebenarnya data dari perangkat keras berupa temperatur dan hasil pengukuran level *pH* masih bercampur, sehingga diperlukan pengolahan untuk mendapatkan data asli dari hasil pengukuran *pH* meternya. Format angkanya juga perlu disesuaikan sehingga menghasilkan format angka desimal dengan 2 angka dibelakang koma. Program perangkat ini selain bisa mengambil data dari perangkat keras juga dapat menyimpan data di berkas/file dalam laptop/komputer. Sebenarnya SCILAB 5.5.2 sangat handal dalam pengendalian data terutama operasi matematika, namun demikian studi ini hanya akan membahas bagaimana cara mengatur waktu baca data dari perangkat sehingga bisa sinkron dengan pengambilan data oleh perangkat kerasnya bahkan dengan jaringan global. Hasil program perangkat akan dibahas dalam sub judul Hasil dan Bahasan.

Program Jaringan (PHP)

Studi ini belum bisa membahas secara rinci mengenai arsitektur lapisan sistem informasi (*IS layer*) karena cakupan yang terlalu luas, walaupun demikian gambaran sederhana perangkat dan programnya bisa diberikan seperti ditunjukkan Gambar 7. Terlebih dahulu akan dibahas arsitektur sederhana dari jaringan komputer yang menghubungkan komputer-komputer melalui aplikasi jaringan. Bila digunakan provider server dari luar tidak perlu melakukan instalasi XAMPP karena umumnya aplikasinya sudah tersedia di providernya, sehingga tinggal melakukan pemrograman jaringan/webnya saja dengan bahasa PHP yang sudah termasuk dalam XAMPP.



Gambar 7. Struktur jaringan lokal (LAN) dan jaringan global (internet) [31]

Pada pengembangan program jaringan (*IS layer*) ini data bisa diakses baik secara lokal maupun secara global sehingga kebutuhan data untuk fungsi manajemen lokal pabrik dan pelayanan publik bisa berjalan baik. Tentunya faktor keamanan data menjadi riskan pada tahap ini serta

memerlukan pengelolaan dan perhatian khusus, Perangkat lunak XAMPP pada tahap sebelumnya sudah dilengkapi juga dengan program PHP yang bisa memperluas akses data secara global,

III. HASIL DAN BAHASAN

Telah berhasil dirancang sistem pengukuran level pH cairan berbasis *IoT* yang terkalibrasi, akurat, presisi, realtime dan dapat diakses secara simulatan. Hasil kalibrasi *pH* meter ditunjukkan dalam gambar 7. Pada bagian kiri gambar ditunjukkan kondisi sebelum terkalibrasi dan pada gambar kanan adalah kondisi setelah dilakukan kalibrasi alat ukur.



Gambar 8, Proses kalibrasi probe *pH* menggunakan larutan buffer *pH* 4

Perlu diperhatikan dalam proses kalibrasi katoda PH dan penghubung cairan dari probe harus tercelup seluruhnya dalam larutan buffer, dalam hal ini buffer dengan *pH* 4. Setelahnya baru bisa disesuaikan nilainya dengan *pH* 4.00. Juga perlu diperhatikan untuk membersihkan probe dengan tissue setelah proses kalibrasi dan sebelum dipakai mengukur *pH* air mineral nantinya. Sebagai pembanding hasil pengukuran level *pH* cairan digunakan kertas indikator *pH* dari kertas lakmus seperti ditunjukkan Gambar 9 berikut.



Gambar 9, Alat ukur *pH* manual 2 digit dengan kertas lakmus *pH* 1-14

Kertas lakmus ini tidak bisa dikalibrasi dan nilainya bulat tidak ada angka dibelakang koma. Untuk memperoleh nilai akurasi tidak bisa diambil dari hasil pengukuran karena fluktuasi hasil pengukuran hampir tidak bisa dilihat untuk pengukuran level *pH* dengan sampel air mineral. Karenanya

nilai akurasi didekati dengan menggunakan kemungkinan kesalahan ukur terbesar (0,49) dan skala maksimum pengukuran (14) sehingga akan diperoleh akurasi dari kertas lakmus untuk mengukur level *pH* sebesar $\pm 3,5\%$.

Berbeda dengan kertas lakmus *pH* meter digital dapat mengukur dengan ketelitian hingga dua angka dibelakang koma, sehingga akurasi bisa diperoleh langsung dari hasil pengukuran. Hasil ukur level *pH* referensi diambil dari jurnal yang melakukan pengukuran sesuai dengan petunjuk SNI.[32]

TABEL I HASIL PENGUKURAN LEVEL PH
TIGA JENIS AIR MINERAL (AM)

Percobaan	Hasil Pengukuran		
	AM1	AM2	AM3
1	7,09	7,71	8,46
2	7,15	7,97	8,52
3	7,15	7,81	8,38
4	7,17	7,73	8,54
5	7,13	7,84	8,46
Rata-rata	7,14	7,81	8,47
Stdev	0,03	0,10	0,06
Modus lakmus	7	8	8

Dalam tabel 1 diberikan hasil pengukuran level *pH* menggunakan *pH* meter digital dan kertas lakmus. Air mineral komersial merk AQUA diberi kode AM1, sedangkan air mineral alam langsung dari pegunungan Manglayang, dekat kota Bandung, Jawa Barat diberikan kode sampel AM2. Untuk sampel AM2 yang sudah dididihkan sebelumnya dan mengalami pendinginan diberi kode sampel AM3. Nampak bahwa meskipun nilai rata-rata hasil pengukuran level *pH* secara digital dari sampel AM2 dan AM3 berbeda (masing-masing 7,81 dan 8,47 secara urut), namun dari hasil pengukuran menggunakan kertas lakmus tidak mampu membedakan keduanya, mana yang lebih basa atau lebih netral. Akurasi pengukuran *pH* meter digital sekitar $\pm 2\%$, nilai ini lebih kecil dari akurasi yang diberikan kertas lakmus.

Walaupun pengukuran *pH* dengan kertas lakmus dilakukan secara manual, namun indikator kertas lakmus secara ilmiah bisa diambil sebagai pembanding karena memiliki nilai besar (bukan indikator *on-off*) yang terukur dan juga besaran yang diukur sama dengan yang diukur oleh *pH* meter yakni nilai *pH* cairan/larutan. Karena belum ada persyaratan standar akurasi *pH* untuk industri, maka akurasi *pH* meter digital di pasaran dianggap bergantung spesifikasi pabriknya yang masih perlu diuji lebih jauh terkait kebenarannya. Membandingkan hasil riset ini dengan uji *pH* meter produk pasaran akan memakan biaya yang mahal dan rumit terkait antarmukanya dengan teknologi *IoT*, karenanya tidak dilakukan. Sebagaimana tujuan dari arah penelitian ini membangun digitalisasi proses manual industri untuk

mendukung industri 4.0 maka membandingkan hasil riset ini dengan pengukuran pH secara manual (dengan kertas lakmus) dianggap sudah mencukupi.

TABEL 2 HASIL PENGUKURAN LEVEL PH AM3

Percobaan	Hasil Pengukuran		
	Lakmus	Digital	Ket.
1	8.00	8,46	AM3 dipilih karena memiliki Stdev lebih besar 0
2	9.00	8,52	
3	8.00	8,38	
4	9.00	8,54	
5	8.00	8,46	
Rata-rata	8.40	8,47	
Stdev	0.55	0,06	

Hasil pengukuran level *pH* dari kertas lakmus dan *pH* meter digital ditunjukkan dalam tabel 2 untuk sampel AM3. Dari nilai deviasi standar (Stdev) masing-masing jenis pengukuran, nampak pengukuran dengan metode digital lebih presisi dibandingkan dengan indikator kertas lakmus.

Karena penekanan studi ini bukan hanya kualitas hasil ukur tapi juga bagaimana membangun sistem pengukuran level *pH* berbasis *IoT*, pembahasan selanjutnya akan diarahkan pada hasil pembangunan sistemnya. Instalasi perangkat telah dijelaskan panjang lebar dalam sub judul Metodologi, sehingga bahasan ini akan langsung menjelaskan pemrograman perangkat.

```

1 clear;
2
3 //inisialisasi
4 y=[];
5 x=[];
6 dcal=[];
7
8 function h=bukaport(por),// por=nomor port
9     baud="9600";
10    parity="n"; //none
11    bitnum="8";
12    stopbit="1";
13    par=baud+","+parity+","+bitnum+","+stopbit;
14    h = openserial(por,par);
15 endfunction
16

```

Gambar 10. Hasil pemrograman inisialisasi port serial *localhost*.

Parameter-parameter inisial komunikasi serial dengan RS-232 yang telah dijelaskan sebelumnya, terlebih dahulu dibungkus dalam satu fungsi untuk inisiasi membuka komunikasi dengan μC dari kabel RS-232 seperti ditunjukkan dalam gambar 10 dengan nama fungsi *bukaport()*. Program ini dijalankan dalam aplikasi SCILAB 5.2.2. Setiap kali ingin mengambil data dari perangkat fungsi ini harus dipanggil.

```

336
337 function simpan(nama,varw)
338     x=pwd();
339     namafile= '\'+ nama + '.csv';
340     write_csv(varw, x + namafile, ';', ',');
341 endfunction
342
343 dataku=ukur(10);
344 simpan('reload.csv',dataku);
345

```

Gambar 11. Hasil pemrograman pembacaan port serial dan penyimpanan data.

Kemudian perlu juga dibuat fungsi untuk menyimpan data, agar data bisa dipindahkan dalam file di komputer, misalnya ditampung dalam file *reload.csv* seperti ditunjukkan dalam gambar 11. File ini nantinya akan diakses oleh program jaringan menggunakan bahasa program PHP.

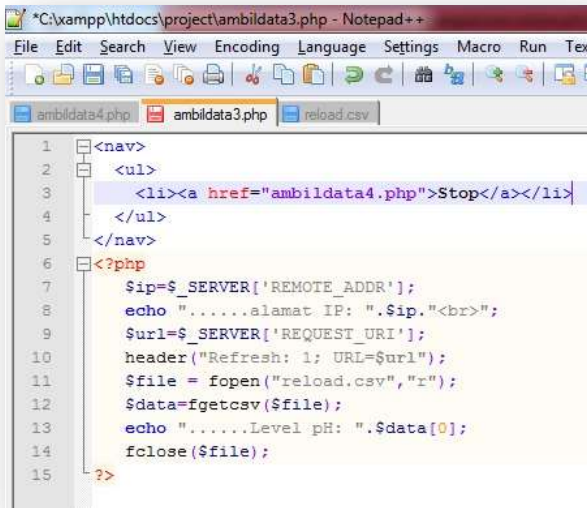
```

1 <nav>
2 <ul>
3 <li><a href="ambidata3.php">Start</a></li>
4 </ul>
5 </nav>
6 <?php
7 $ip=$_SERVER['REMOTE_ADDR'];
8 echo ".....alamat IP: ".$ip."<br>";
9 $file = fopen("reload.csv","r");
10 $data=fgetcsv($file);
11 echo ".....Level pH: ".$data[0];
12 fclose($file);
13 ?>

```

Gambar 12. Program jaringan internet untuk mulai baca file data ukur

Diperlukan dua jenis file program PHP untuk mengakses file data yang telah disimpan. Dalam penelitian ini diberikan nama file *ambidata4.php* untuk membaca file tersimpan dan *ambidata3.php* untuk berhenti mengakses file tersimpan.



Gambar 13. Program jaringan internet untuk berhenti baca file data ukur

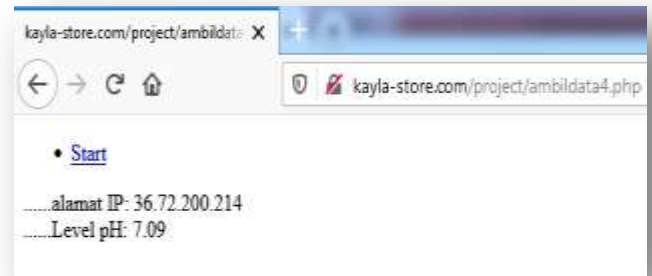
Kunci atau trik bekerjanya 2 file program ini terletak pada dilakukan dan tidaknya *refresh* halaman web. Bila halaman di *refresh* secara kontinyu maka data akan diupdate secara terus menerus sehingga seolah-olah sedang dilakukan pengukuran level pH, bila fungsi *refresh* dihilangkan maka tidak ada update data sehingga seolah-olah pengukuran dihentikan. Durasi pengambilan data bisa diatur dalam fungsi *refresh* ini.



Gambar 14. Hasil pemrograman jaringan internet dijalankan dalam localhost.

Hal terakhir yang terpenting dalam pemrograman jaringan adalah bahwa hasil pengukuran level pH cairan bisa dibaca oleh banyak pengguna secara serempak. Hal ini bisa ditunjukkan dengan menambahkan alamat IP dalam program jaringan. Gambar 14 menunjukkan bahwa data diakses oleh server (localhost) dengan alamat IP: ::1. Bila yang mengakses

data adalah *client* (*remote address*) maka alamat IP akan ditampilkan seperti pada gambar berikut.

Gambar 15. Hasil pemrograman jaringan internet dijalankan dalam *remote address/client*.

Dari Gambar 14 dan 15 ditunjukkan bagaimana pengguna dari tempat berbeda bisa mengakses data ukur secara simultan bahkan *realtime*. Sifat simultan dan *realtime* dari sistem pengukuran level pH cairan berbasis *IoT* ini amat berpotensi untuk mempercepat pengambilan keputusan di industri khususnya yang terkait dengan proses kimia cairan dan memerlukan pikiran/pendapat banyak orang. Analisis dan sintesis penelitian ini lebih bersifat perekayasa sehingga nampak kurang dari sisi perbandingan hasil ukur pH-nya karena lebih difokuskan pada pencapaian keberhasilan pembangunan sistem *IoT* untuk data proses kimia yang memiliki potensi manfaat yang tinggi di industri khususnya manajemen proses di lapangan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Secara umum bisa disimpulkan dari hasil studi ini diantaranya:

- Telah berhasil dilakukan digitalisasi sistem pengukuran level pH cairan berbasis teknologi *IoT*. Pengembangan sistem pengukuran ini diharapkan bisa membantu mempercepat pengambilan keputusan di industri terkait permasalahan proses kimia cairan yang diamati. Hasil ini juga diharapkan bisa mendukung terwujudnya program pemerintah *making Indonesia 4.0* khususnya di lingkungan Kementerian Perindustrian,
- Studi kasus terhadap air mineral alam dan komersial menunjukkan bahwa sistem pengukuran yang dibangun juga memiliki kualitas pengukuran yang lebih baik dibandingkan pengukuran level pH secara manual/konvensional. Baik dilihat dari aspek akurasi pengukurannya maupun dari segi kepresisian pengukurannya.

- Namun demikian keamanan data perlu diperhatikan agar data yang di-*share* dapat awet dan lebih bermanfaat keberadaannya,

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis selaku kontributor utama KTI mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Balai Besar Keramik dan P2MM LIPI melalui program LPDP untuk Prioritas Riset Nasional bidang fokus Energi dengan judul riset “Litbang Pembesaran Skala Produksi Bahan Baku Baterai Lithium Merah Putih”. Tidak lupa kami juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman di Baristand Industri Surabaya yang telah membantu dalam memberikan semangat untuk menyelesaikan studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Junaidi, “Internet of Things , Sejarah , Teknologi Dan Penerapannya,” *J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. I, no. AUGUST 2015, pp. 62–66, 2016.
- [2] B. Soesatyo, “Generasi Milenial dan Era Industri 4.0,” *detikNews*. 2018.
- [3] V. E. Satya, “Strategi Indonesia Menghadapi Industri 4.0,” in *INFO Singkat*, 2018.
- [4] H. Prasetyo and W. Sutopo, “Perkembangan Keilmuan Teknik Industri Menuju Era Industri 4.0,” in *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC 2017*, 2017.
- [5] Brodjonegoro and Satryo, “Kecakapan Era 4.0,” *Kompas*, 2018.
- [6] A. Gilchrist, “Introducing Industry 4.0,” in *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, 2016.
- [7] A. Gilchrist, *Industry 4.0*. 2016.
- [8] X. Xu, “Machine Tool 4.0 for the new era of manufacturing,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017.
- [9] M. Bortolini, E. Ferrari, M. Gamberi, F. Pilati, and M. Faccio, “Assembly system design in the Industry 4.0 era: a general framework,” *IFAC-PapersOnLine*, 2017.
- [10] Paul Markillie, “A third industrial revolution | The Economist,” *The Economist*, 2012. .
- [11] Y. Lu, “Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues,” *Journal of Industrial Information Integration*. 2017.
- [12] T. Stock and G. Seliger, “Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0,” in *Procedia CIRP*, 2016.
- [13] H.-C. Pfohl, B. Yahsi, and T. Kuznatz, “The impact of Industry 4.0 on the Supply Chain,” *Proc. Hambg. Int. Conf. Logist. (HICL)-20*, 2015.
- [14] M. Albert, “Seven Things to Know about the Internet of Things and Industry 4.0,” *Mod. Mach. Shop*, 2015.
- [15] D. Williams, “On and Off the ‘Net: Scales for Social Capital in an Online Era,” *J. Comput. Commun.*, 2006.
- [16] T. Ahn, S. Ryu, and I. Han, “The impact of the online and offline features on the user acceptance of Internet shopping malls,” in *Electronic Commerce Research and Applications*, 2004.
- [17] F. Tian, T. Qin, and T. Y. Liu, “Computational pricing in Internet era,” *Frontiers of Computer Science*. 2018.
- [18] S. S. Fernández-Miranda, M. Marcos, M. E. Peralta, and F. Aguayo, “The challenge of integrating Industry 4.0 in the degree of Mechanical Engineering,” *Procedia Manuf.*, 2017.
- [19] N. T. Mankanjuola, O. Shoewu, L. a Akinyemi, and a A. A. Ajasa, “Design and Development of a Microcontroller Based Digital Wattmeter (MIDIWAT),” *Pacific J. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 1, pp. 147–158, 2015.
- [20] G. Stamatescu, V. Sgârciu, and S. Stamatescu, “PC-based system for level transducer interfacing,” in *Proceedings - 1st International Conference on Sensor Device Technologies and Applications, SENSORDEVICES 2010*, 2010, pp. 89–93.
- [21] X. A. Mary, L. Rose, and K. Rajasekaran, “Development of water level monitoring system with capacitive sensor,” *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 8, no. 7, pp. 555–558, 2019.
- [22] N. Gupta, A. Sasi, and A. Deep, “IoT based Water Level Management System,” *J. Xidian Univ.*, vol. 14, no. 5, pp. 626–633, 2020.
- [23] K. K. Khaing, K. Srujan Raju, G. R. Sinha, and W. Y. Swe, “Automatic temperature control system using arduino,” in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020, vol. 1090, pp. 219–226.
- [24] I. Oghogho, “PC BASED TEMPERATURE MONITORING AND ALARM SYSTEM,” *Indian J.Sci.Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 17–20, 2012.
- [25] N. A. Khairi, A. B. Jambek, T. W. Boon, and U. Hashim, “Design and analysis of a wireless temperature monitoring system,” *Proc. - RSM 2013 2013 IEEE Reg. Symp. Micro Nano Electron.*, no. September, pp. 105–108, 2013.
- [26] M. M. Rahman, C. Bapery, M. J. Hossain, Z. Hassan, G. M. J. Hossain, and M. M. Islam, “Internet of Things (IoT) Based Water Quality Monitoring System,” *Int. J. Multidiscip. Curr. Educ. Res.*, vol. 2, no. 4, pp. 168–180, 2020.
- [27] M. A. A. Mashud, M. A. Masud, and M. S. Islam, “Design and Development of Microcontroller Based Digital pH Meter,” *ULAB J. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 31–34, 2011.
- [28] M. Rivai, R. Dikairono, and A. Tomi, “Sistem monitoring pH dan suhu air dengan transmisi data nirkabel,” *J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 38–42, 2017.
- [29] A. Saputra, “Pengukur Kadar Keasaman Dan Kekeruhan Air,” *Progr. Stud. Tek. ELEKTRO, Univ. Muhammadiyah Surakarta*, pp. 1–20, 2016.
- [30] D. Arumsari, “Analisis pengaruh kualitas produk, harga dan promosi terhadap keputusan pembelian air minum dalam kemasan (AMDK) merek Aqua,” *Skripsi Fak. Ekon. dan Bisnis Undip*, vol. 1, no. 1, pp. 1–80, 2012.
- [31] Dodi, “Tutorial bypass traffic lokal pada jaringan LAN mikrotik,” 2017. [Online]. Available: <https://www.dodiventuraz.net/2017/12/tutorial-bypass-traffic-lokal-pada-jaringan-lan-mikrotik.html>.
- [32] M. . Deril and Novirina .H, “UJI PARAMETER AIR MINUM DALAM KEMASAN (AMDK) DI KOTA SURABAYA,” *J. Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2010.