

DOI: 10.29303/jrpb.v10i2.420
ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354
Tersedia online di <http://jrpb.unram.ac.id/>

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAU VOLUME DAN KEASAMAN NIRA KELAPA DALAM PENAMPUNG DI POHON SECARA REALTIME

*Development of A Realtime Monitoring System
of Coconut Sap's Volume and Acidity in Container on Trees*

Andreas Wahyu Krisdiarto^{*}), Gani Supriyanto

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta
Jl. Nangka II Maguwoharjo, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55282, Indonesia

Email^{*}: andre@instiperjogja.ac.id

Diterima: Juni 2022

Disetujui: September 2022

ABSTRACT

Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farmer families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). The results of coconut sugar production, including its quality, are often less than optimal due to lack of education and are still conducted traditionally. The quality of sugar begins with the quality of the tapped coconut sap. The tapping process greatly affects the quality and quantity of sap. Currently, many tappers only use simple containers so that the juice is dirty, as it contaminated with other materials. Additionally, rainwater contamination reduces the sugar content. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system in the container is needed to monitor sap quantity and changes in its characteristic. This study aims to design a monitoring system for the volume and acidity of sap during the tapping process so that it can be used to analyze changes in the quality and level of tapping from time to time. The methods used were: (1) studying the function and process of storing sap in trees that are currently used, (2) designing and installing a volume and pH monitoring system in a reservoir with a microcontroller, which can send data to mobile devices (HP), and (3) testing the design results, both functional and external. The test showed that the design works well and could measure the sap volume and pH in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume was 93%, while pH was 99%. The designed device can be applied to the coconut sap tapping process so that the volume and acidity of the sap in the sap container on the tree can be monitored in real time from any device.

Keywords: acidity; coconut sap; monitoring system; volume

ABSTRAK

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dalam membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar, tetapi rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Hasil produksi gula kelapa, termasuk mutunya, sering kurang optimal karena kurangnya edukasi dan masih dilakukan secara tradisional. Mutu gula kelapa diawali dari mutu nira kelapa yang disadap. Proses penyadapan sangat mempengaruhi mutu dan jumlah nira. Saat ini banyak penyadap hanya menggunakan wadah (penampung) seadanya, sehingga nira menjadi kotor karena terkontaminasi bahan lain. Selain itu, masuknya air hujan dalam wadah mengakibatkan kadar gula turun. Sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakter selama dalam tampungan diperlukan untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadapan. Penelitian ini melakukan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga dapat digunakan untuk menganalisa perubahan mutu dan tingkat penyadapan dari waktu ke waktu. Metode yang digunakan adalah: (1) mempelajari fungsi dan proses penampungan nira di pohon yang digunakan saat ini, (2) merancang dan memasang sistem pantau volume dan pH dalam penampung dengan mikrokontroler, yang dapat mengirim data ke gawai (HP), (3) menguji hasil rancangan, baik fungsional maupun luaran. Pengujian menunjukkan hasil rancangan bekerja dengan baik, dapat mengukur volume dan pH nira dalam penampung dari waktu ke waktu selama penyadapan. Tingkat ketepatan pembacaan volume sebesar 93%, sedangkan pH sebesar 99%. Perangkat hasil rancangan ini dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon dapat dipantau dari gawai dimana pun secara waktu nyata.

Kata kunci: keasaman; nira kelapa; sistem pemantauan; volume

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen nira utama dunia, bersaing dengan Thailand, Filipina, India, dan Srilanka. Di India, nira digunakan sebagai minuman segar produk nasional, sehingga sangat menguntungkan petani. Indonesia menjadi eksportir terbesar gula kelapa, dengan negara tujuan Amerika Serikat (68%), Belanda (7%), Korea Selatan (5%), Malaysia (4%), Australia (3%), Singapura (3%) dan negara lainnya (11%). Volume ekspor gula kelapa Indonesia meningkat dari tahun 2012 sebesar 14.095 ton (senilai USD 18,402 juta) menjadi sebanyak 35.578 ton (USD 52,521 juta) pada tahun 2018.

Beberapa sentra gula kelapa di Indonesia antara lain Kabupaten Kulon Progo di DIY, Kabupaten Banyumas di Jawa

Tengah, Kabupaten Pangandaran di Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan di Jawa Timur. Rendeman proses produksi gula umumnya sebanyak $\pm 20\%$, sehingga untuk menghasilkan 1 kg gula kelapa dibutuhkan nira dari 3 - 4 pohon/hari, dengan asumsi produksi nira per pohon 1,5 - 2 liter/hari (*Indonesia, Eksportir Utama Gula Kelapa, n.d.*).

Selain sebagai bahan masakan, gula kelapa juga menjadi bahan utama kecap, dan beberapa jenis makanan lain seperti dodol, sehingga kebutuhannya selalu ada setiap hari. Meskipun nilai tambah dari produksi gula kelapa tidak terlalu besar, rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya), sehingga secara keseluruhan memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar.

Mayoritas pelaku industri rumahan gula kelapa adalah masyarakat tingkat bawah,

yang sangat sedikit tersentuh teknologi, sehingga proses produksi seringkali tidak optimum, baik kuantitas maupun kualitasnya. Mutu gula diawali dari mutu nira kelapa yang disadap (Indahyanti, *et al.*, 2014). Nira kelapa merupakan bahan baku pembuatan gula kelapa. Sifat nira kelapa mudah mengalami fermentasi karena kandungan nutrisinya merupakan substrat yang baik bagi pertumbuhan mikroba. Fermentasi terjadi selama proses penyadapan sampai saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pemberian bahan pengawet atau laru pada proses penyadapan dengan konsentrasi yang stabil.

Meskipun terlihat sederhana, proses penyadapan memerlukan teknik tertentu agar mutu dan jumlah nira optimal. Saat ini banyak penyadap hanya menggunakan wadah (penampung) seadanya, sehingga nira terkontaminasi kotoran, bahan lain, dan serangga. Pada saat terjadi hujan, nira dalam wadah juga dapat terkontaminasi air hujan, sehingga kadar gula turun (Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang (*losses*), dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat.



Gambar 1. Penampung nira kelapa

Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (Gambar 2). Dalam hal ini, debit nira yang menetes tidak selalu

sama. Selama ini, proses penambahan volume dan peningkatan keasaman selama pengutipan (*'penderesan'*) tersebut tidak diketahui, seperti berada di dalam *'black box'*, sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Oleh karena itu, dibutuhkan instrumen yang dapat mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



Gambar 2. Nira kelapa hasil *penderesan*

Sistem penyadapan yang hampir semuanya secara manual tradisional menyebabkan perkembangan optimalisasi pengutipan nira sangat lambat. Pelaku industri gula kelapa dan petani *penderes* tidak pernah mengamati perilaku nira (proses pengasaman dan penambahan volume) selama proses penyadapan yang berkisar 12 jam. Jika proses ini dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang sekaligus memiliki sistem pemantauan secara otomatis.

Beberapa rancang bangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain dihasilkan oleh Farhamsa *et al.*, (2016); Fikri *et al.*, (2015); Kapiudin *et al.*, 2019; Rahmanto *et al.*, (2020). Namun, aplikasinya pada proses penyadapan nira hingga saat ini belum banyak dikembangkan.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan melakukan perancangan model sistem pemantauan volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara *'real time'*, berbasis mikrokontroler. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengujian prototipe SPVAN, sehingga dapat berkontribusi pada optimasi mutu nira dalam proses penyadapan di pohon kelapa.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada perancangan antara lain gelas ukur, pH meter, mikrokontroler Arduino ATmega 2560, sensor jarak HC-SR04, sensor pH Pro Kit V2 DFRobot, transmiter Modul SIM900 GPRS, dan telepon pintar (*smartphone*). Adapun bahan yang menjadi objek adalah mayang pohon kelapa dan niranya.

Metode

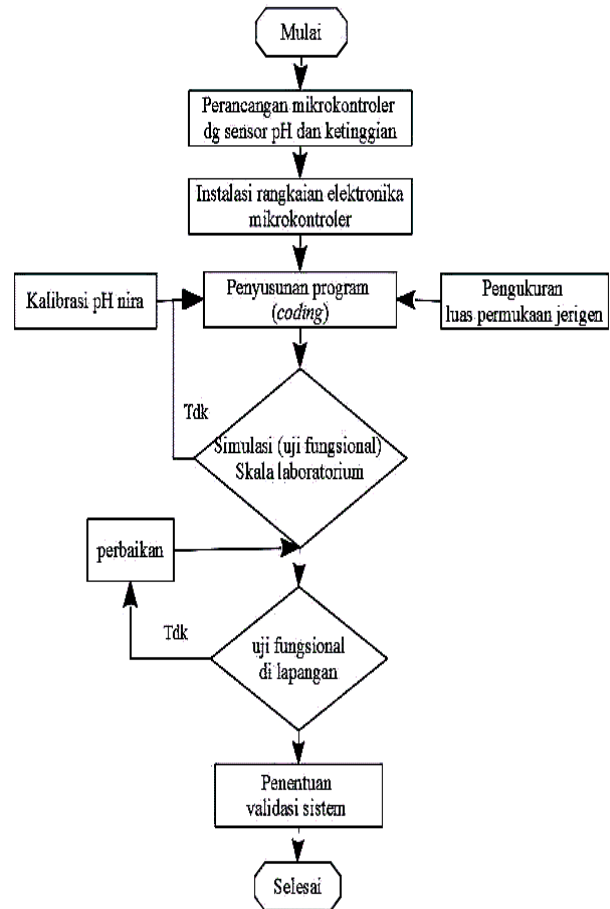
Perangkat sistem yang dirancang ditujukan untuk membaca parameter volume dan keasaman nira. Oleh karena itu, sensor yang digunakan adalah sensor jarak dan sensor pH. Pengiriman data hasil pengukuran ke gawai menggunakan modul koneksi data internet. Rancang bangun ini dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem pantau pH dan volume nira. Perancangan meliputi bagian *hardware* (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor, dan pengirim data) dan *software (coding)*. Pada tahap ini dilakukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, menggunakan analisa regresi korelasi (Billy & Krisdiarto, 2022)
2. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan dengan uji fungsional di laboratorium

3. Pemasangan instalasi serta pelaksanaan uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan

Pengembangan Model SPVAN

Model (prototipe) SPVAN dikembangkan melalui proses seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pengembangan SPVAN

Rancang bangun Sistem

Sistem SPVAN pada penelitian ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino ATmega 2560. Pembacaan parameter volume memanfaatkan sensor jarak berbasis ultrasonik, sedangkan parameter keasaman dengan sensor pH. Volume nira didapatkan dengan konversi dari pengukuran tinggi permukaan nira oleh sensor jarak dengan

rumus seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan 1.

$$V = \pi.r^2.t \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- V = volume nira tertampung (L)
- π = konstanta
- r = jari-jari permukaan penampung (cm)
- t = tinggi permukaan nira (cm)
- = tinggi penampung - bacaan sensor jarak

Bacaan sensor jarak akan semakin kecil dengan semakin banyaknya nira di dalam wadah/penampung, sehingga volume terbaca akan semakin besar. Adapun sensor pH mengirimkan data langsung berupa nilai pH ke mikrokontroler, sehingga tidak diperlukan konversi.

Sistem pengiriman data ke gawai menggunakan modul paket data internet. Kedua sensor input dipasang pada kaki A0 dan A1 (input analog mikrokontroler). Hasil pemrosesan oleh mikrokontroler tersebut dapat ditampilkan langsung pada *display* LCD dan disimpan pada *SD card*. Selain itu, luaran juga dikirimkan melalui *sim card* ke gawai sebagai penerima secara *real time* dari jarak jauh, difasilitasi dengan aplikasi Blynk.

Pengujian

Pengujian perangkat hasil rancangan dilaksanakan dengan 2 tahap. Tahap pertama alat diuji fungsional di laboratorium, disimulasi menggunakan nira sebanyak 2 L, diberikan variasi volume dan tingkat keasaman. Sebelum diuji terhadap nira, alat diuji terhadap air murni dan alkohol sebagai larutan yang nilai pHnya standar. Pada tahapan ini diperiksa tingkat *error* hasil pembacaan dengan volume dan nilai pH sebenarnya.

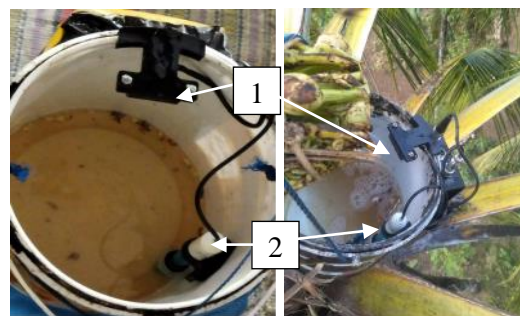
Tahap kedua pengujian adalah di lapangan. Tahap ini diawali dengan uji kestabilan untuk memastikan tingkat *error* alat cukup kecil. Pengujian pada kondisi

sebenarnya dilaksanakan dengan memasang penampung yang sudah dilengkapi sistem pemantau tersebut di atas pohon. Untuk menampung sadapan nira mengikuti periode sadap pengrajin, yaitu pukul 07.00 - 15.00 dan pukul 15.00 - 07.00.

Data pengukuran selama proses tersebut dipantau dari HP dan setelah selesai (turun dari pohon), data di memori diunduh ke komputer. Kedua bacaan ini dibandingkan, dan dikonfirmasi dengan volume dan pH nira sesungguhnya, yang diukur dengan gelas ukur dan pH meter. Hal ini untuk mendapatkan derajat ketepatan antara hasil bacaan sistem dengan data riil objek penelitian (kesahihan). Penghitungan kesahihan menggunakan analisis statistik *Product Moment Pearson*. Sistem dikatakan baik jika validitas pembacaan > 90%. Tingkat validitas ini menentukan keyakinan kebenaran bacaan sistem atas objek yang diamati, yaitu nira kelapa selama penyadapan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat hasil rancang bangun yang dilaporkan ini dipasang pada wadah berupa ember yang digunakan untuk menampung nira sadapan dari mayang bunga kelapa di atas pohon (Gambar 4).

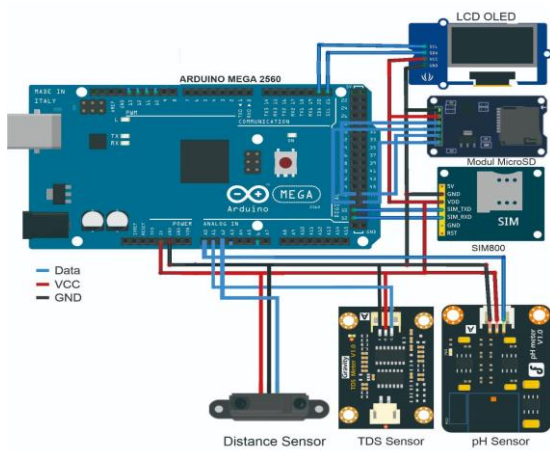


Gambar 4. Instalasi sensor jarak (1) dan sensor pH (2) pada penampung nira di atas pohon

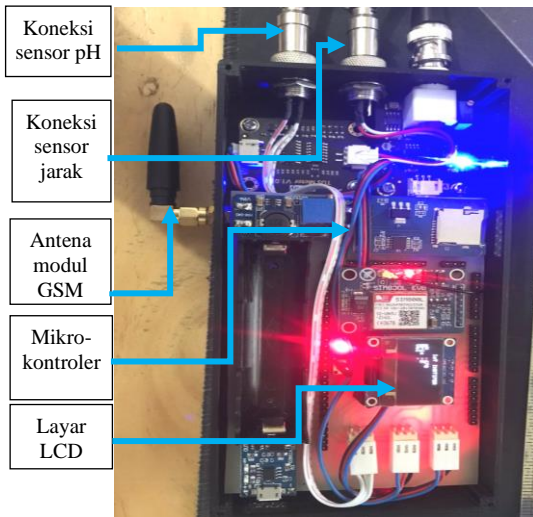
Model Fisik SPVAN

Skema rangkaian elektronik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada

Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah HC-SR04, mengacu pada penelitian sebelumnya (Hidayanto & Winarno, 2016) yang menyatakan bahwa sensor jarak memiliki kelebihan pantulan gelombang suara yang dipancarkan *trig* sangat cepat dan ditangkap oleh *echo* dalam *port* yang berbeda sehingga data mudah didapatkan. Bacaan sensor dalam satuan cm ini akan dikonversi oleh mikrokontroler Arduino menjadi volume nira (L). Secara fisik model SPVAN yang dikembangkan tersaji pada Gambar 6.



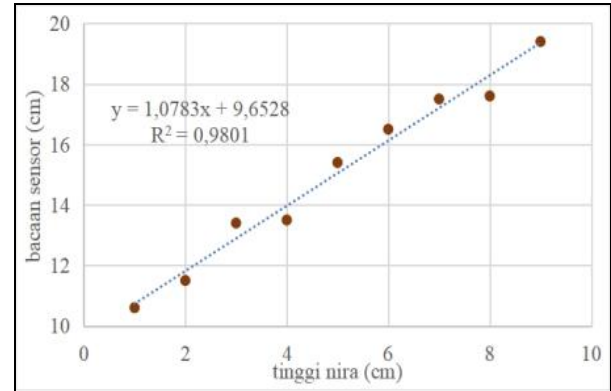
Gambar 5. Skema rangkaian elektronik perangkat pemantau volume dan keasaman nira berbasis mikrokontroler



Gambar 6. Perangkat sistem pemantau volume dan keasaman nira (dipasang di samping penampung)

Pengukuran volume

Sebelum digunakan untuk mengukur volume nira di dalam penampung, pada kondisi sebenarnya dilakukan kalibrasi bacaan sensor tersebut, hasilnya tersaji pada Gambar 7.



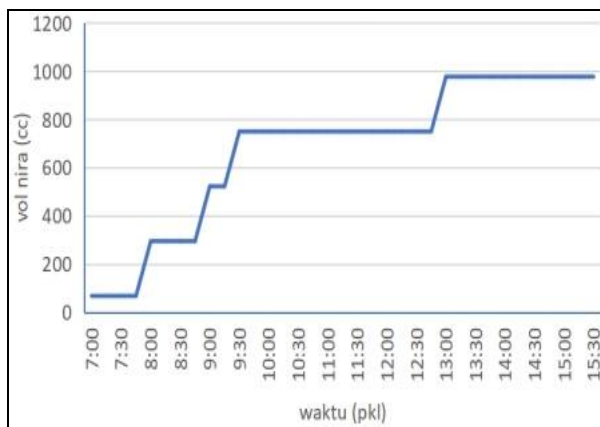
Gambar 7. Kalibrasi Sensor Pembaca Tinggi Nira Sebagai Dasar Penentuan Volume

Sistem ini dapat membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur volume nira secara otomatis, seperti yang dilakukan peneliti sebelumnya (Farhamsa, *et al.*, 2016; Sumardi, 2009). Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara terhadap permukaan nira. Suara ultrasonik berfrekuensi 40 KHz hingga 400 KHz dipancarkan unit pemancar dan diterima unit penerima yang terbuat dari kristal piezoelectric. Diafragma pada unit penerima bergetar, dan efek piezoelectric menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama.

Besar amplitudo sinyal elektrik yang dihasilkan unit sensor penerima tergantung dari jauh dekatnya objek yang dideteksi serta kualitas dari sensor pemancar dan sensor penerima. Jarak antara sensor dengan objek sasaran dihitung berdasarkan waktu yang digunakan oleh suara untuk kembali setelah pantulan. Jarak antara sensor tersebut sebesar setengah dari waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari

rangkaian pengirim sampai diterima oleh rangkaian penerima. Posisi sensor pada ember adalah tetap, yaitu di bibir ember, sedangkan permukaan nira yang dijadikan media pantul berubah, maka dapat ditentukan ketinggian larutan tersebut di dalam wadah. Volume larutan (nira) dapat diperoleh dari perkalian antara tinggi permukaan larutan dengan luas permukaan larutan dalam wadah.

Gambar 8 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pada pukul 07.00, dan diturunkan dari pohon oleh penyadap pada pukul 15.30. Perangkat diatur agar mengukur volume setiap 30 menit. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nira menetes cukup banyak pada pagi hari, antara pukul 07.30 - 09.30, dan pada siang antara pukul 13.30-14.00.

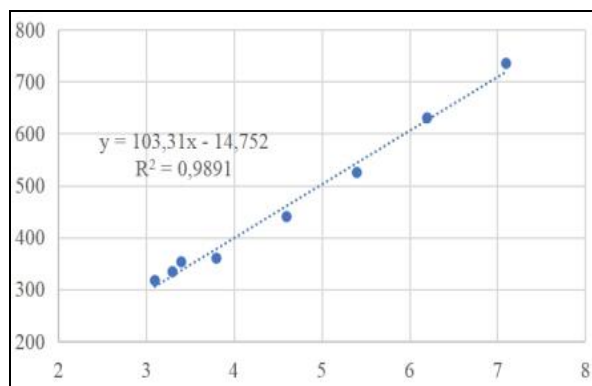


Gambar 8. Hasil pengukuran volume nira oleh SPVAN saat penyadapan antara pukul 07.00 - 15.30

Hal ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Sistem pemantau ini memungkinkan fenomena penetasan nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya dapat digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.

Pengukuran keasaman

Hasil pengukuran pH di tampilan layar merupakan konversi dari skala tegangan pembacaan sensor pH yang perhitungannya dilakukan oleh mikrokontroler. Di dalam *coding* dimasukkan hubungan antara keduanya, yakni persamaan yang tersaji pada Gambar 9.



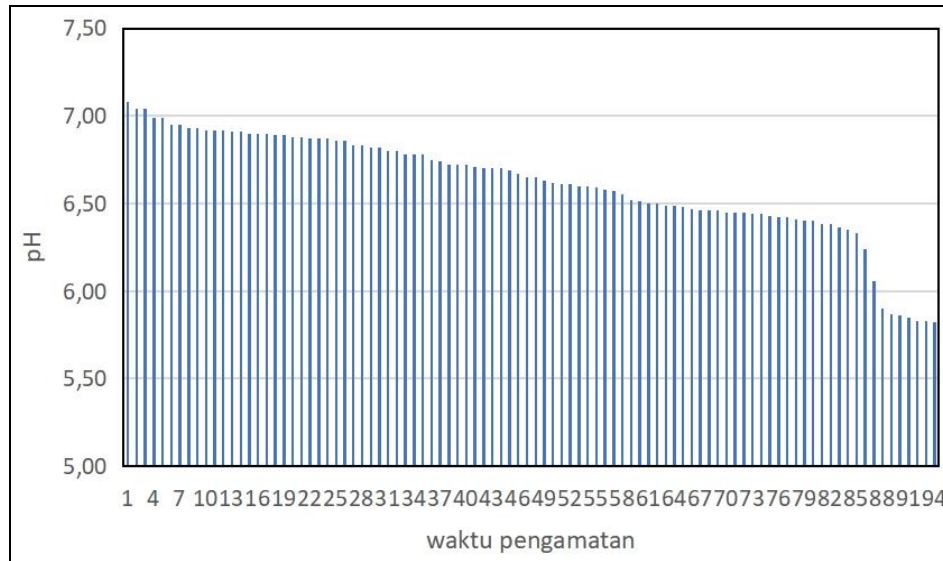
Gambar 9. Hubungan Antara Pembacaan Tegangan Sensor dengan Nilai pH

Tingkat keasaman suatu larutan didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. Secara elektronik, pH meter merupakan satu alat laboratorium yang berfungsi untuk mengukur dan mengetahui pH dengan menggunakan elektroda yang akan menampilkan hasil pengukuran (Ihsanto & Hidayat, 2014). Penelitian ini memanfaatkan sensor pH yang sudah tersedia di lapangan untuk mengukur tingkat keasaman larutan secara digital, yang dihubungkan dengan mikrokontroler arduino.

Tabel 1 memperlihatkan tingkat kesalahan pembacaan pengukur keasaman pada SPVAN ini. Dari beberapa pengujian tampak bahwa rerata *error* untuk semua tingkat pH, dari asam hingga basa sebesar 0,7%. Meskipun ketepatannya > 99%, terdapat kecenderungan semakin besar pH, tingkat error semakin kecil.

Tabel 1. Uji *Error* Alat Pengukur pH

No	pH Larutan	Bacaan			Rerata Error (%)
		1	2	3	
1	4,01	3,95	3,99	3,90	1,5
2	6,86	6,78	6,95	6,70	0,5
3	9,18	9,10	9,05	9,10	0,1



Gambar 10. Hasil pengukuran tingkat keasaman (pH) nira oleh SPVAN saat penyadapan dari pukul 07.00 - 15.30

Nira merupakan larutan gula yang mudah terfermentasi. Bila sudah menetes dari tandan bunga dan terkena udara, gula pada nira bereaksi menjadi asam (Adisetya & Krisdiarto, 2022). Bila nira akan digunakan sebagai bahan gula kelapa cetak, keasaman ini sedapat mungkin dihindari. Semakin asam, mutu nira semakin tidak baik. Pada umumnya untuk menghindari ini, *penderes* nira memberi larutan bersifat basa seperti kapur sirih dan Natrium Bisulfit. Dengan sistem ini, perilaku nira di dalam wadah saat penyadapan dapat dipantau dan dipelajari.

Gambar 10 memperlihatkan contoh hasil pengamatan tersebut. Data ini dapat diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diatur untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes pH-nya normal (± 7), kemudian

menurun, dan terlihat penurunan pH cenderung tajam di akhir periode. Mengacu kepada Tabel 1, dapat dikatakan pembacaan pH nira oleh SPVAN seperti tersaji pada Gambar 10 dapat diyakini ketepatannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sistem pemantau volume dan keasaman nira di wadah penampung saat penyadapan dapat berfungsi sesuai tujuan, baik membaca, merekam data dalam memori, maupun mengirim ke gawai secara *real time*. Perangkat dapat bekerja selama 8 jam. Ketepatan pembacaan volume sebesar 93%, sedangkan pembacaan pH sebesar 99%. Perangkat dapat diaplikasikan pada proses penyadapan yang membutuhkan pemantauan volume dan keasaman.

Saran

Agar sistem berfungsi lebih maksimal, perlu dilengkapi baterai yang lebih tahan lama. Ketepatan dan ketelitian pembacaan volume dapat ditingkatkan dengan instalasi lebih permanen, dan bila diperlukan dapat dipasang 2 sensor untuk mengatasi kesalahan karena posisi wadah yang miring.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Institut Pertanian Stiper Yogyakarta yang telah mendukung pendanaan penelitian, dan kelompok pengrajin gula kelapa “Sajeng Manis”, Pacitan yang telah menjadi sumber ide penelitian dan media pengujian.

DAFTAR REFERENSI

- Adisetya, E., & Krisdiarto, A. W. (2022). Preservative of Coconut Sap Shelf Life derived from Mangosteen Yellow. *JITIPARI*, 7(1), 59–67. <http://dx.doi.org/10.33061/jitipari.v5i1.3638>.
- Billy, M. M., & Krisdiarto, A. W. (2022). Penggunaan Persamaan Matematika Untuk Penimbang Berbasis Sensor Jarak Pada Alat Angkut TBS Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 10(1), 57–65. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v10i1.326>.
- Farhamsa, D., Mayusa, R. A., & Musa, M. D. T. (2016). Alat Ukur Volume Fluida Cair Berbasis Mikrokontroler. *J Gravitasi*, 15(1), 57–65. <https://doi.org/10.22487/gravitasi.v15i1.7895>.
- Fikri, R., Lapanporo, B. P., & Jumarang, M. I. (2015). Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Permukaan Air Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA328P Berbasis Web Service. *POSITRON*, 5(2), 42–49. <https://doi.org/10.26418/positron.v5i2.11666>.
- Hidayanto, A., & Winarno, H. (2016). Prototipe Sistem Autobrake Pada Mobil Menggunakan Sensor Jarak Ultrasonik Hc-Sr04 Berbasis Arduino Mega 2560. *Gema Teknologi*, 18(4), 29. <https://doi.org/10.14710/gt.v18i4.21913>
- Ihsanto, E., & Hidayat, S. (2014). Rancang Bangun Sistem Pengukuran pH Meter dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Elektro*, 5(3), 130–137. <https://doi.org/10.22441/jte.v5i3.769>.
- Indahyanti, E., Kamulyan, B., & Ismuyanto, B. (2014). Optimasi Konsentrasi Garam Bisulfit Pada Pengendalian Kualitas Nira Kelapa. *Penelitian Saintek*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.21831/jps.v19i1.2317>
- Indonesia, Eksporir Utama Gula Kelapa*. (n.d.). Retrieved May 18, 2022, from <https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:~:text=Kapasitas produksi gula,154%2C8,5-2 liter%2Fhari>.
- Kapiudin, M., Sembiring, T., & Aulia, H. N. (2019). Prototipe Sistem Kontrol PH Air Berbasis Mikrokontroler Arduino dengan Visualisasi Visual Basic pada Final Waste Water Treatment. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 18(02), 115–121. <https://doi.org/10.26874/jt.vol18no2.130>.

- Rahmanto, Y., Rifaini, A., Samsugi, S., & Riskiono, S. D. (2020). Sistem Monitoring pH Air pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 23–28. <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.711>.
- Sumardi. (2009). Implementasi Sensor Level Untuk Alat Ukur Volume Cairan Serba Guna di Lingkungan Industri. *Transmisi*, 11(2), 91–99. <https://doi.org/10.12777/transmisi.11.2.91-99>.