

**BUKTI KORESPONDENSI**  
**ARTIKEL JURNAL NASIONAL TERAKREDITASI SINTA 1-2**

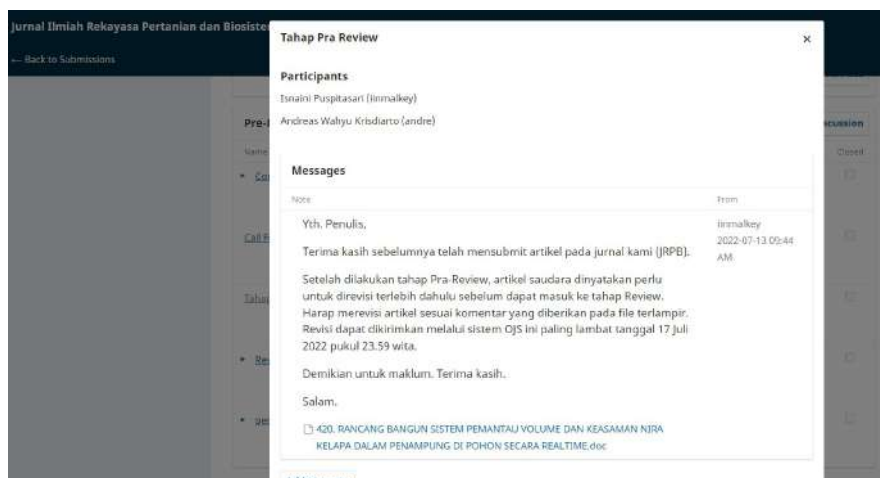
Judul artikel : RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAU VOLUME DAN KEASAMAN NIRA KELAPA DALAM PENAMPUNG DI POHON SECARA REALTIME

Jurnal : Jurnal Rekayasa Pertanian dan Biosistem (JRPB)

Penulis : **Andreas Wahyu Krisdiarto** dan Gani Supriyanto

| No. | Perihal                                                                                     | Tanggal           |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1.  | Bukti Submit dan Pra Review, dan artikel yang disubmit                                      | 13 Juli 2022      |
| 2.  | Bukti Tanggapan dan Perbaikan atas pra review dan artikel perbaikan                         | 16 Juli 2022      |
| 3.  | Bukti konfirmasi review dan hasil review pertama                                            | 2 Agustus 2022    |
| 4.  | Bukti konfirmasi submit revisi pertama, respon kepada reviewer, dan artikel yang diresubmit | 9 Agustus 2022    |
| 5.  | Bukti konfirmasi review dan hasil review kedua                                              | 11 Agustus 2022   |
| 6.  | Bukti konfirmasi submit revisi kedua, respon kepada reviewer, dan artikel yang diresubmit   | 24 Agustus 2022   |
| 7.  | Bukti Penerimaan Revisi                                                                     | 13 September 2022 |
| 8.  | Bukti editing final (proof reading dan file)                                                | 19 September 2022 |
| 9.  | Bukti konfirmasi artikel accepted                                                           | 28 September 2022 |
| 10. | Bukti konfirmasi artikel published online                                                   | 28 September 2022 |
| 11. | Bukti korespondensi Perbaikan Susulan dan artikel revisi                                    | 12 Februari 2025  |

# 1. Bukti Submit dan Pra Review (13 Juli 2022)



## **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 dan Gani Supriyanto**

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

E-mail: [andre@instiperjogja.ac.id](mailto:andre@instiperjogja.ac.id) HP: 081 2155 6847

### **ABSTRACT**

*Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farming families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). Because the people who produce coconut sugar are low-level people and are carried out traditionally, it is often not optimal, including the quality. 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 makeshift containers (containers), so that the juice is dirty, contaminated with other materials, and added with rain water so that the sugar content drops. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system for the addition of sap and changes in its character is needed while in the reservoir. 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 are 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 devices (HP), 4) Testing the design results, both functional and external. The test shows that the design works well, can measure the volume and pH of the sap in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume = 93%, while pH = 99%. The device designed 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 from any device in real time.*

**Keywords:** coconut sap, monitoring system, volume, acidity.

### **ABSTRAK**

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dengan membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar namun rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Karena pelaku produksi gula kelapa masyarakat tingkat bawah dan dilakukan secara tradisional, seringkali hasilnya tidak optimum, termasuk mutunya. 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 kotor, terkontaminasi bahan lain, dan

tertambahi dengan air hujan sehingga kadar gula turun. Untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadap diperlukan sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakternya selama dalam tampungan. Naskah ini melaporkan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga bisa 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 bisa mengirim data ke gawai (HP), 4) 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 = 93%, sedangkan pH= 99%. Perangkat hasil rancangan dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon bisa dipantau dari gawai dimanapun secara waktu nyata.

**Kata kunci:** keasaman, nira kelapa, sistem pemantau, 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=14.095 ton (senilai USD18,402 juta) menjadi sebanyak 35.578 ton (USD 52,521 juta) pada th 2018.

Beberapa sentra gula kepala di Indonesia antara lain Kab Kulon Progo di DIY, Kab. Banyumas, Jawa Tengah, Kab Pangandaran, Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan, Jawa Timur. Rendeman proses produksi gula  $\pm 20\%$ , 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. (Anonim, 2020).

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 namun 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); (Naufalin & Yanto, 2012). 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 hingga saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka 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 bisa bertambah air hujan, sehingga kadar gula turun (lihat Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang/losses, dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat. Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (lihat 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, atau semacam di dalam 'black box', sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Karena itu, dibutuhkan instrumen yang bisa mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



**Gambar 1.** Penampung nira kelapa



**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. Bila proses ini dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang sekaligus memiliki sistem pemantau secara otomatis.

### **Tujuan**

Naskah ini bertujuan melaporkan :

1. Perancangan model sistem pemantau volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara '*real time*', berbasis mikrokontroler.
2. Mendapatkan hasil uji 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 yaitu gelas ukur, pH meter, mikrokontroler, sensor jarak, sensor pH. Adapun bahan yang menjadi obyek yaitu mayang pohon kelapa dan niranya.

#### **Metode**

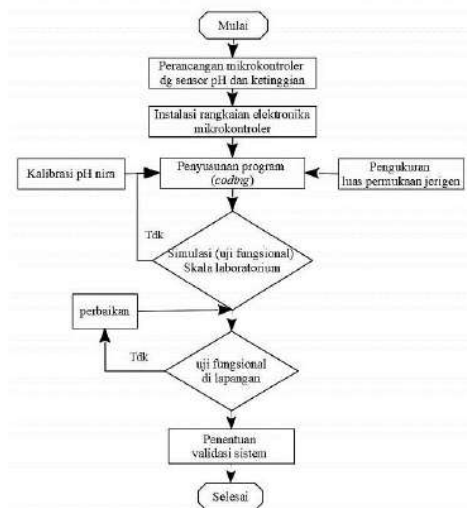
Perangkat sistem yang dirancang ditujukan untuk membaca parameter volume dan keasaman nira, karena itu sensor yang digunakan adalah sensor jarak dan sensor pH. Kemudian pengiriman data hasil pengukuran ke gawai menggunakan modul koneksi data internet. Rancangbangun ini dilaksanakan dengan tahapan:

1. Perancangan sistem pantau pH dan volume nira. Perancangan meliputi bagian *hardware*

- (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor dan pengirim data) dan *software (coding)*. Di tahapan ini diperlukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, sehingga digunakan analisa regresi korelasi;
2. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan uji fungsional di laboratorium.
  3. Instalasi, uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan.

### Pengembangan Model SPVAN

Model/prototipe SPVAN dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Proses Pengembangan SPVAN

### Rancang bangun Sistem

Sistem dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 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 (1) berikut:

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

dimana:

V = volume nira tertampung

$\pi$  = konstanta

r = jari2 permukaan penampung

t = tinggi permukaan nira

= 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 sudah mengirimkan data 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 2 tahap. Tahap pertama alat diuji fungsional di laboratorium, disimulasi menggunakan nira sebanyak 2 lt, 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 eror hasil pembacaan dengan volume dan nilai pH sebenarnya.

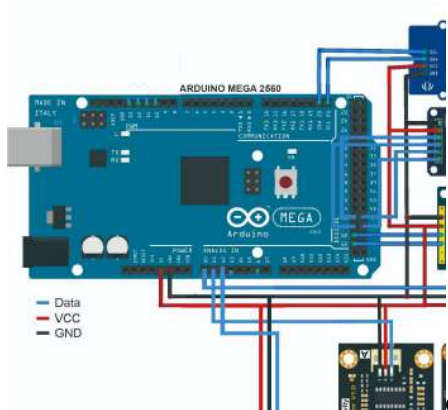
Tahap kedua pengujian adalah di lapangan. Tahap ini diawali dengan uji kestabilan untuk memastikan tingkat *error* alat cukup kecil. Kemudian pengujian pada kondisi sebenarnya dilaksanakan dengan memasang penampung yang sudah dilengkapi sistem pemantau tersebut di atas pohon, untuk menampung sadapan nira mengikuti periode sadap pengrajin, yaitu jam 07.00 - 15.00 dan jam 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 sesungguhnya nira, yang diukur dengan gelas ukur dan kertas lakmus (pHmeter). Hal ini untuk mendapatkan derajat ketepatan antara hasil bacaan sistem dengan data riil obyek penelitian (Validitas). Penghitungan validitas menggunakan analisis statistik Product Moment Pearson. Sistem dikatakan baik jika validitas pembacaan >90%. Tingkat validitas ini menentukan keyakinan kebenaran bacaan sistem atas obyek yang diamati, yakni nira kelapa selama penyadapan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

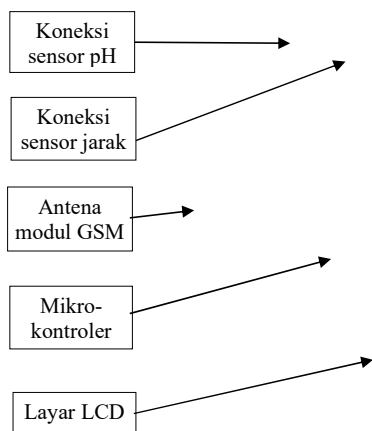
Beberapa penelitian rancangbangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain oleh (Farhamsa et al., 2017; Fikri et al., 2015; Kapiudin et al., 2019; Rahmanto et al., 2020) Hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada berbagai kebutuhan. Perangkat hasil rancangbangun yang dilaporkan ini dipasang pada wadah berupa ember yang digunakan untuk menampung nira sadapan dari mayang bunga kelapa di atas pohon (Gambar 6). Koneksi sensor jarak dan sensor pH dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.

### **Model Fisik SPVAN**

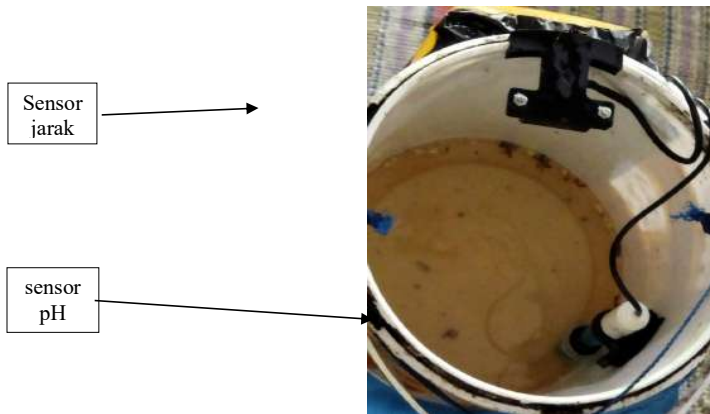
Model fisik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah HC-SR04, mengacu ke (Hidayanto & Winarno, 2016) yang menyatakan bahwa sensor jarak memiliki kelebihan pantulan gelombang suara yang dipancarkan *trig* sangat cepat dan ditangkap oleh *echo* dalam *port* yang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



**Gambar 4.** Skema rangkaian elektronik perangkat pemantau volume dan keasaman nira berbasis mikrokontroler



**Gambar 5.** Perangkat sistem pemantau volume dan keasaman nira (dipasang di samping penampung)

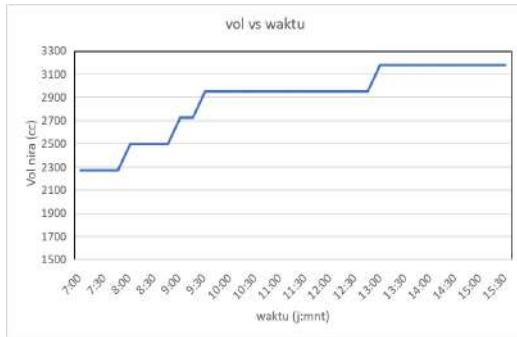


**Gambar 6.** Instalasi sensor jarak dan sensor pH pada penampung nira yang dipasang di atas pohon.

#### **Pengukuran volume**

Untuk mengukur volume nira secara otomatis, sistem ini membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor ultrasonik, seperti yang dilakukan (Farhamsa et al., 2017; 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 berdasar waktu yang digunakan oleh suara untuk kembali setelah pantulan. Jarak antara sensor tersebut sebesar setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim sampai diterima oleh rangkaian penerima. Karena sensor pada posisi tetap, yaitu di bibir ember, dan permukaan nira yang dijadikan media pantul berubah, maka dapat ditentukan ketinggian larutan tersebut di dalam wadah. Kemudian volume larutan dapat diperoleh dengan perkalian antara tinggi permukaan larutan dan luas permukaan larutan dalam wadah.

Gambar 7 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pk 07 wib, dan diturunkan dari pohon oleh penyadap pada pk 15.30. Perangkat diatur agar mengukur volume setiap 30 menit. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nira menetes cukup banyak pada pagi hari, pk 07 30 - 09.30, dan pada siang j 13.30-14.00. Ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Dengan sistem pemantau ini, fenomena penetes nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya bisa digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.



**Gambar 7.** Hasil pengukuran volume nira oleh SPVAN saat penyadapan dr pk 07.00 - 15.30

### Pengukuran keasaman

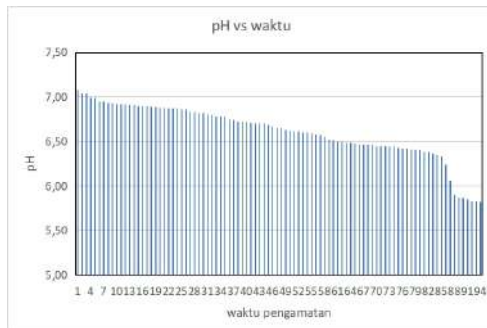
Tingkat keasaman suatu larutan didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut.

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 = 0,7%. Meskipun dapat dikatakan ketepatannya > 99%, terdapat kecenderungan semakin besar pH, tingkat error semakin kecil.

Tabel 1. Uji Error Alat Pengukur pH

| no | pH      | Bacaan |      |      | Rerata Error(%) |
|----|---------|--------|------|------|-----------------|
|    | Larutan | 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 8.** Hasil pengukuran tingkat keasaman (pH) nira oleh SPVAN saat penyadapan dr pk 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 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 8 memperlihatkan contoh hasil pengamatan tersebut. Data ini bisa diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diset untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes, pH nya normal ( $\pm 7$ ), 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 8 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 = 93%, sedangkan pH= 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 bisa dipasang 2 sensor untuk mengatasi kesalahan karena posisi wadah yang miring.

## UCAPAN TERIMA KASIH

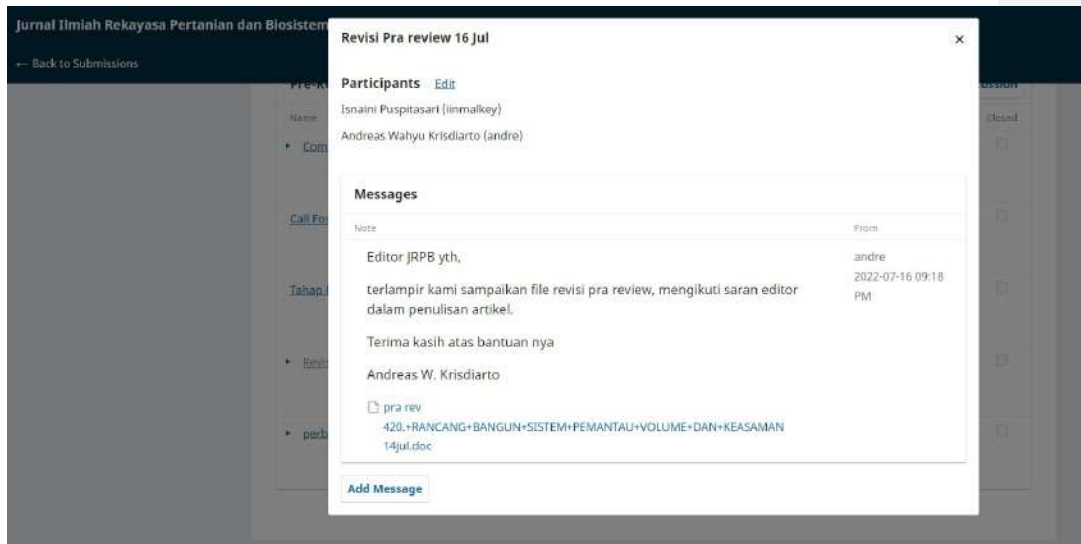
Penulis berterima kasih kepada Institut Pertanian Stiper Yogyakarta yang telah mendukung pendanaan penelitian, dan kelompok pengrajin gula kelapa “Sajeng Manis”, Pacitan yang telah

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.
- Farhamsa, D., Mayusa, R. A., & Th.Musa, Moh. D. (2017). Alat ukur volume fluida cair berbasis mikrokontroller. *Gravitasi*, 15(1), 1–7.
- 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 Mikrokontroller 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 Sainstek*, 19(1), 1–8.
- Anonim. *Indonesia, Eksportir Utama Gula Kelapa*. (n.d.). Retrieved May 18, 2022, from [https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:\\$sim\\$:text=Kapasitas produksi gula 154%2C8,5-2 liter%2Fhari](https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:$sim$: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.
- Naufalin, R., & Yanto, T. (2012). Pengaruh Konsentrasi Ca(OH)<sub>2</sub>, Jenis Bahan Pengawet Alami dan Lama Simpan Terhadap Kualitas Nira Kelapa. *J. Pembangunan Pedesaan*, 12(2), 86–96.
- 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.

## 2. Bukti Tanggapan dan Perbaikan atas pra review dan artikel perbaikan (16 Juli 2022)



## **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 dan Gani Supriyanto**

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

F-mail: [andre@instiperjogja.ac.id](mailto:andre@instiperjogja.ac.id) HP: 081 2155 6847

### **ABSTRACT**

*Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farming families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). Because the people who produce coconut sugar are low-level people and are carried out traditionally, it is often not optimal, including the quality. 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 makeshift containers (containers), so that the juice is dirty, contaminated with other materials, and added with rain water so that the sugar content drops. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system for the addition of sap and changes in its character is needed while in the reservoir. 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 are 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 devices (HP), 4) Testing the design results, both functional and external. The test shows that the design works well, can measure the volume and pH of the sap in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume = 93%, while pH = 99%. The device designed 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 from any device in real time.*

**Keywords:** coconut sap, monitoring system, volume, acidity.

### **ABSTRAK**

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dengan membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar namun rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Karena pelaku produksi gula kelapa masyarakat tingkat bawah dan dilakukan secara tradisional, seringkali hasilnya tidak optimum, termasuk mutunya. 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 kotor, terkontaminasi bahan lain, dan

tertambahi dengan air hujan sehingga kadar gula turun. Untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadap diperlukan sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakternya selama dalam tampungan. Naskah ini melaporkan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga bisa 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 bisa 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 = 93%, sedangkan pH= 99%. Perangkat hasil rancangan dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon bisa dipantau dari gawai dimanapun secara waktu nyata.

**Kata kunci:** keasaman, nira kelapa, sistem pemantau, 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 yang sebesar 14.095 ton (senilai USD18,402 juta) menjadi sebanyak 35.578 ton (USD 52,521 juta) pada tahun 2018.

Commented [A1]: Perhatikan penulisan

Beberapa sentra gula kepala di Indonesia antara lain Kab Kulon Progo di DIY, Kab. Banyumas, Jawa Tengah, Kab Pangandaran, Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan, Jawa Timur. Rendeman proses produksi gula  $\pm 20\%$ , 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. (Anonim, 2020).

Commented [A2]: Menyertakan sumber yang benar

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 namun 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); (Naufalin & Yanto, 2012). 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 hingga saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka 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 bisa bertambah air hujan, sehingga kadar gula turun (lihat Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang/losses, dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat. Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (lihat 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, atau semacam di dalam 'black box', sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Karena itu, dibutuhkan instrumen yang bisa mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



Gambar 1. Penampung nira kelapa



**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. Bila proses ini dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang sekaligus memiliki sistem pemantau secara otomatis.

### **Tujuan**

Naskah ini bertujuan melaporkan :

3. Perancangan model sistem pemantau volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara '*real time*', berbasis mikrokontroler.
4. Mendapatkan hasil uji 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 yaitu gelas ukur, pH meter, mikrokontroler, sensor jarak, sensor pH. Adapun bahan yang menjadi obyek yaitu mayang pohon kelapa dan niranya.

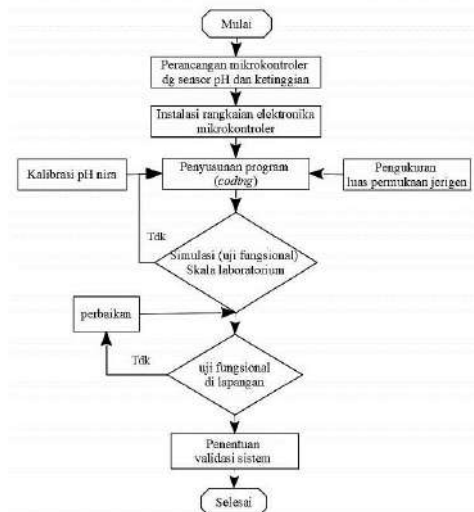
### **Metode**

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

4. Perancangan sistem pantau pH dan volume nira. Perancangan meliputi bagian *hardware* (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor dan pengirim data) dan *software* (*coding*). Di tahapan ini diperlukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, sehingga digunakan analisa regresi korelasi;
5. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan uji fungsional di laboratorium.
6. Instalasi, uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan.

### **Pengembangan Model SPVAN**

Model/prototipe SPVAN dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 3



**Gambar 3.** Proses Pengembangan

berikut:  
SPVAN

### Rancang bangun Sistem

Sistem SPVAN ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 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 (1) berikut:

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

dimana:

V = volume nira tertampung

$\pi$  = konstanta

r = jari2 permukaan penampung

t = tinggi permukaan nira

= 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 sudah mengirimkan data 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 2 tahap. Tahap pertama alat diuji fungsional di laboratorium, disimulasi menggunakan nira sebanyak 2 lt, 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 eror hasil pembacaan dengan volume dan nilai pH sebenarnya.

Tahap kedua pengujian adalah di lapangan. Tahap ini diawali dengan uji kestabilan

**Commented [A3]:** Perhatikan jarak atau spasi

untuk memastikan tingkat *error* alat cukup kecil. Kemudian 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 sesungguhnya nira, yang diukur dengan gelas ukur dan kertas lakmus (pHmeter). Hal ini untuk mendapatkan derajat ketepatan antara hasil bacaan sistem dengan data riil obyek penelitian (Validitas). Penghitungan validitas menggunakan analisis statistik Product Moment Pearson. Sistem dikatakan baik jika validitas pembacaan >90%. Tingkat validitas ini menentukan keyakinan kebenaran bacaan sistem atas obyek yang diamati, yakni nira kelapa selama penyadapan.

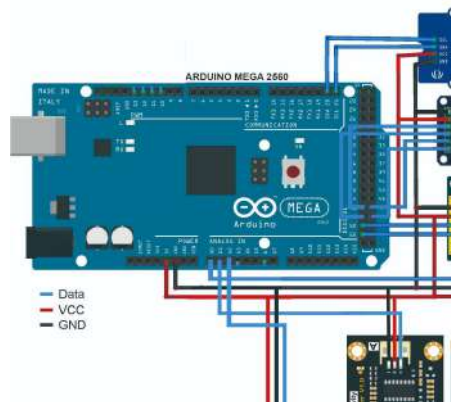
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa penelitian rancang bangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain oleh (Farhamsa et al., 2017; Fikri et al., 2015; Kapiudin et al., 2019; Rahmanto et al., 2020) Hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada berbagai kebutuhan. 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 6). Koneksi sensor jarak dan sensor pH dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.

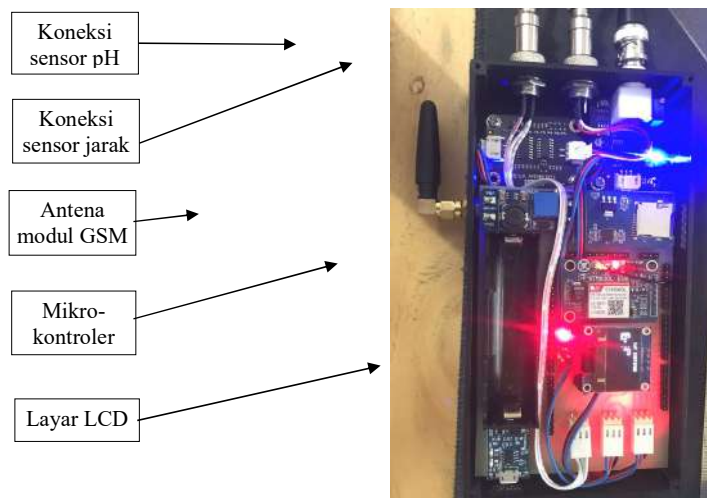
### Model Fisik SPVAN

Model fisik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah HC-SR04, mengacu ke (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 beda sehingga data mudah didapatkan. Bacaan sensor yang dalam satuan cm ini akan dikonversi oleh mikrokontroler Arduino menjadi volume nira (lt). Secara fisik model SPVAN yang dikembangkan tersaji pada Gambar 5.

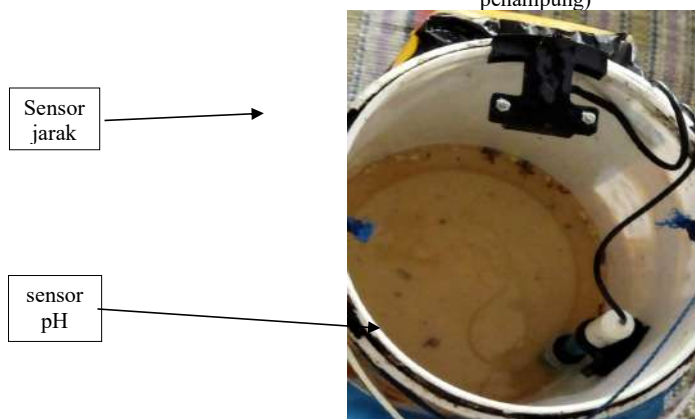
Commented [A4]: Perbaiki penulisan



**Gambar 4.** Skema rangkaian elektronik perangkat pemantau volume dan keasaman nira berbasis mikrokontroler



**Gambar 5.** Perangkat sistem pemantau volume dan keasaman nira (dipasang di samping penampung)



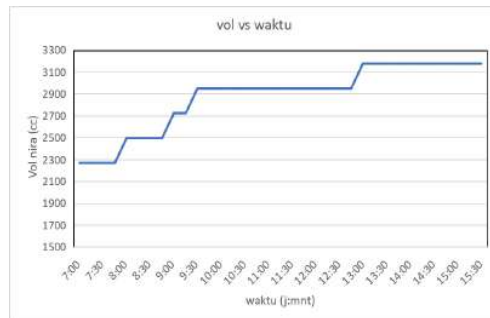
**Gambar 6.** Instalasi sensor jarak dan sensor pH pada penampung nira yang dipasang di atas pohon.

#### Pengukuran volume

Untuk mengukur volume nira secara otomatis, sistem ini membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor ultrasonik, seperti yang dilakukan (Farhamsa et al., 2017; 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 berdasar waktu yang digunakan oleh suara untuk kembali setelah pantulan. Jarak antara sensor tersebut sebesar setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim sampai diterima oleh rangkaian penerima. Karena sensor pada posisi tetap, yaitu di bibir ember, dan permukaan nira yang dijadikan media pantul berubah, maka dapat ditentukan ketinggian larutan tersebut di dalam wadah. Kemudian volume larutan dapat diperoleh dengan perkalian antara tinggi permukaan

larutan dan luas permukaan larutan dalam wadah.

Gambar 7 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pada pukul 07.00 wib, 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. Ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Dengan sistem pemantau ini, fenomena penetes nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya bisa digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.



**Gambar 7.** Hasil pengukuran volume nira oleh SPVAN saat penyadapan antara pukul 07.00 - 15.30

### Pengukuran keasaman

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.

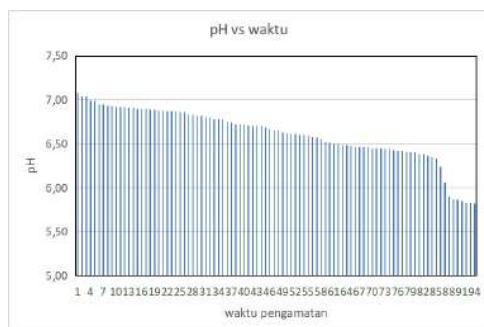
Tabel 1 memperlihatkan tingkat kesalahan pembacaan pengukur keasaman pada SPVAN ini. Dari beberapa pengujian tampak bahwa rerata *error* untuk semua tingkat pH, dari asam hingga basa = 0,7%. Meskipun dapat dikatakan ketepatannya > 99%, terdapat kecenderungan semakin besar pH, tingkat error semakin kecil.

**Tabel 1.** Uji Error Alat Pengukur pH

| no | pH<br>Larutan | Bacaan |      |      | Rerata<br>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                |

**Commented [A5]:** Perhatikan jarak atau spasi

**Commented [A6]:** Perhatikan kata yang disingkat



**Gambar 8.** 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 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 8 memperlihatkan contoh hasil pengamatan tersebut. Data ini bisa diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diset untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes, pH nya normal ( $\pm 7$ ), 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 8 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 = 93%, sedangkan pembacaan pH= 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 bisa dipasang 2 sensor untuk mengatasi kesalahan karena posisi wadah yang miring.

## UCAPAN TERIMA KASIH

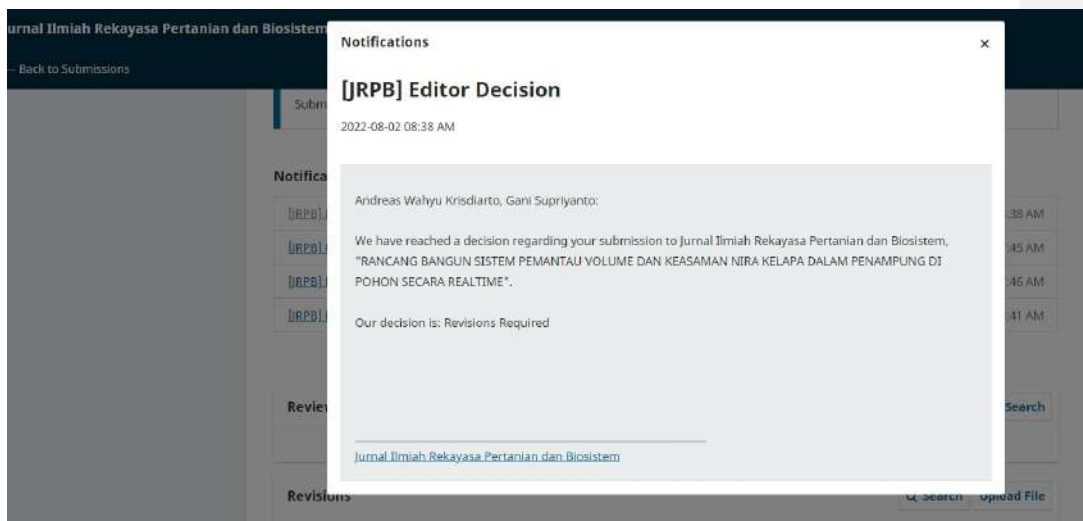
Penulis berterima kasih kepada Institut Pertanian Stiper Yogyakarta yang telah mendukung pendanaan penelitian, dan kelompok pengrajin gula kelapa “Sajeng Manis”, Pacitan yang telah menjadi sumber ide penelitian dan media pengujian.

## DAFTAR REFERENSI

Adisetya, E., & Krisdiarto, A. W. (2022). Preservative of Coconut Sap Shelf Life derived from Mangosteen Yellow. *JITIPARI*, 7(1), 59–67.

- Anonim. (2020, August 17). INDONESIA, EKSPORTIR UTAMA GULA KELAPA. *Media Perkebunan*. <https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/>
- Farhamsa, D., Mayusa, R. A., & Th.Musa, Moh. D. (2017). Alat ukur volume fluida cair berbasis mikrokontroller. *Gravitasi*, 15(1), 1–7.
- 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 Mikrokontroller 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.
- 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.
- Naufalin, R., & Yanto, T. (2012). Pengaruh Konsentrasi Ca(OH)<sub>2</sub>, Jenis Bahan Pengawet Alami dan Lama Simpan Terhadap Kualitas Nira Kelapa. *J. Pembangunan Pedesaan*, 12(2), 86–96.
- 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.

### 3. Bukti konfirmasi review dan hasil review pertama (2 Agustus 2022)



4. Bukti konfirmasi submit revisi pertama, respon kepada reviewer, dan artikel yang diresubmit (09 Agustus 2022)

The screenshot displays a web interface for a journal submission system. On the left, a sidebar contains the text 'Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan...' and a 'Back to Submissions' link. The main content area is titled 'Revisi round-1' and includes a 'Participants' section with links to 'Edit' and a list of names: 'Isnaini Puspitasari (iinmalkey)' and 'Andreas Wahyu Krisdiarto (andre)'. Below this is a 'Messages' section with a table of messages. The table has two columns: 'Note' and 'From'. A message from 'andre' dated '2022-08-09 07:44 PM' is shown, containing text about submitting revised manuscripts and two file attachments: '420-A-RANCANG+BANGUN+SISTEM+PEMANTAU+VOL+DAN+KEASAMAN+reviwr-1.doc' and '420-B-RANCANG+BANGUN+SISTEM+PEMANTAU+VOL+DAN+KEASAMAN+reviwr-2.doc'. An 'Add Message' button is located at the bottom of the messages section.

| Note                                                                                                                                                                                                                                                                                              | From                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Editor JRPB yth, berikut kami sampaikan perbaikan/revisi naskah berdasarkan masukan/koreksi dari 2 reviewer. Kami perbaiki pada file masing2.<br><br>420-A-RANCANG+BANGUN+SISTEM+PEMANTAU+VOL+DAN+KEASAMAN+reviwr-1.doc<br><br>420-B-RANCANG+BANGUN+SISTEM+PEMANTAU+VOL+DAN+KEASAMAN+reviwr-2.doc | andre<br>2022-08-09 07:44 PM |

## **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 dan Gani Supriyanto**

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

G-mail: [andre@instiperjogja.ac.id](mailto:andre@instiperjogja.ac.id) HP: 081 2155 6847

### **ABSTRACT**

*Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farming families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). Because the people who produce coconut sugar are low-level people and are carried out traditionally, it is often not optimal, including the quality. 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 makeshift containers (containers), so that the juice is dirty, contaminated with other materials, and added with rain water so that the sugar content drops. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system for the addition of sap and changes in its character is needed while in the reservoir. 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 are 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 devices (HP), 4) Testing the design results, both functional and external. The test shows that the design works well, can measure the volume and pH of the sap in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume = 93%, while pH = 99%. The device designed 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 from any device in real time.*

**Keywords:** coconut sap, monitoring system, volume, acidity.

### **ABSTRAK**

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dengan membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar namun rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Karena pelaku produksi gula kelapa masyarakat tingkat bawah dan dilakukan secara tradisional, seringkali hasilnya tidak optimum, termasuk mutunya. 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 kotor, terkontaminasi bahan lain, dan

tertambahi dengan air hujan sehingga kadar gula turun. Untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadap diperlukan sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakternya selama dalam tampungan. Naskah ini melaporkan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga bisa 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 bisa 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 = 93%, sedangkan pH= 99%. Perangkat hasil rancangan dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon bisa dipantau dari gawai dimanapun secara waktu nyata.

**Kata kunci:** keasaman, nira kelapa, sistem pemantau, 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 yang sebesar 14.095 ton (senilai USD18,402 juta) menjadi sebanyak 35.578 ton (USD 52,521 juta) pada tahun 2018.

Beberapa sentra gula kepala di Indonesia antara lain Kab Kulon Progo di DIY, Kab. Banyumas, Jawa Tengah, Kab Pangandaran, Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan, Jawa Timur. Rendeman proses produksi gula  $\pm 20\%$ , 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 namun 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); (Naufalin & Yanto, 2012). 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 hingga saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka 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 bisa bertambah air hujan, sehingga kadar gula turun (lihat Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang/*losses*, dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat. Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (lihat 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, atau semacam di dalam '*black box*', sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Karena itu, dibutuhkan instrumen yang bisa mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



**Gambar 1.** Penampung nira kelapa



**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. Bila proses ini dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang sekaligus memiliki sistem pemantau secara otomatis.

### **Tujuan**

Naskah ini bertujuan melaporkan :

5. Perancangan model sistem pemantau volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara '*real time*', berbasis mikrokontroler.
6. Mendapatkan hasil uji 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 yaitu gelas ukur, pH meter, mikrokontroler, sensor jarak, sensor pH. Adapun bahan yang menjadi obyek yaitu mayang pohon kelapa dan niranya.

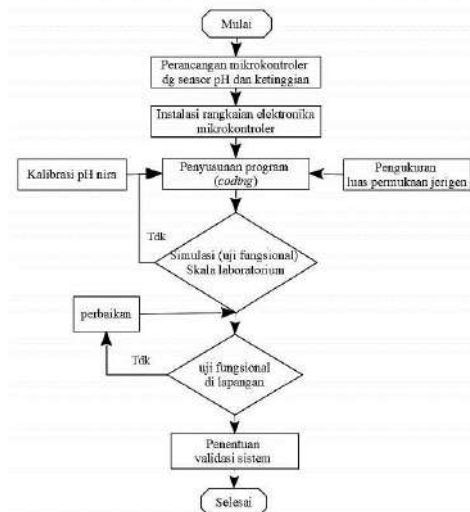
### **Metode**

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

7. Perancangan sistem pantau pH dan volume nira. Perancangan meliputi bagian *hardware* (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor dan pengirim data) dan *software* (*coding*). Di tahapan ini diperlukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, sehingga digunakan analisa regresi korelasi;
8. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan uji fungsional di laboratorium.
9. Instalasi, uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan.

### **Pengembangan Model SPVAN**

Model/prototipe SPVAN dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 3 berikut:



**Gambar 3.** Proses Pengembangan SPVAN

### Rancang bangun Sistem

Sistem SPVAN ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 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 (1) berikut:

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

dimana:

V = volume nira tertampung

$\pi$  = konstanta

r = jari2 permukaan penampung

t = tinggi permukaan nira

= 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 sudah mengirimkan data 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 2 tahap. Tahap pertama alat diuji fungsional di laboratorium, disimulasi menggunakan nira sebanyak 2 lt, 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 eror hasil pembacaan dengan volume dan nilai pH sebenarnya.

Tahap kedua pengujian adalah di lapangan. Tahap ini diawali dengan uji kestabilan

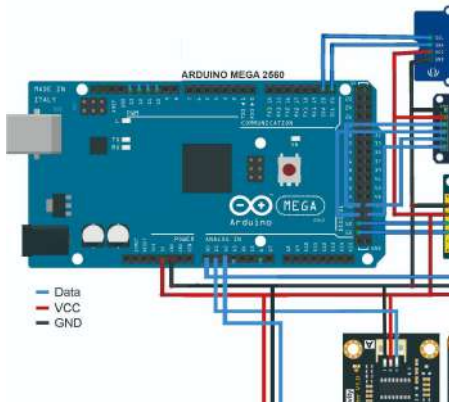
untuk memastikan tingkat *error* alat cukup kecil. Kemudian pengujian pada kondisi sebenarnya dilaksanakan dengan memasang penampung yang sudah dilengkapi sistem pemantau tersebut di atas pohon, untuk menampung sadapan nira mengikuti periode sadap pengrajin, yaitu pukul 07.00 - 15.00 dan pukul 15.00 - 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 sesungguhnya nira, yang diukur dengan gelas ukur dan kertas lakmus (pHmeter). Hal ini untuk mendapatkan derajat ketepatan antara hasil bacaan sistem dengan data riil obyek penelitian (Validitas). Penghitungan validitas menggunakan analisis statistik Product Moment Pearson. Sistem dikatakan baik jika validitas pembacaan >90%. Tingkat validitas ini menentukan keyakinan kebenaran bacaan sistem atas obyek yang diamati, yakni nira kelapa selama penyadapan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

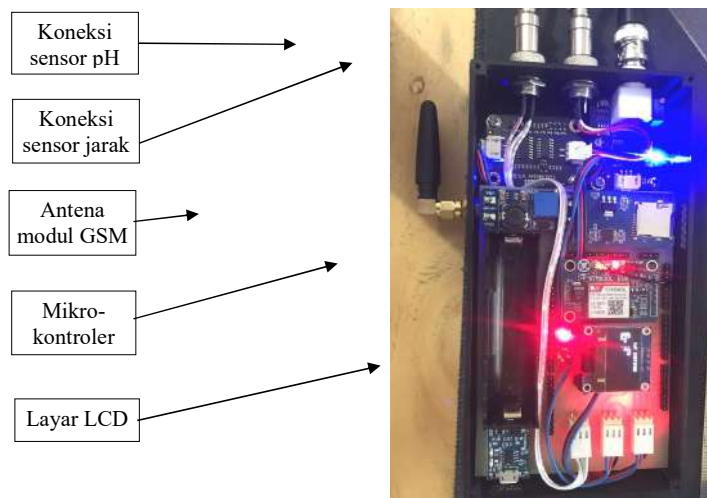
Beberapa penelitian rancang bangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain oleh (Farhamsa et al., 2017; Fikri et al., 2015; Kapiudin et al., 2019; Rahmanto et al., 2020) Hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada berbagai kebutuhan. Perangkat 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 6). Koneksi sensor jarak dan sensor pH dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.

### Model Fisik SPVAN

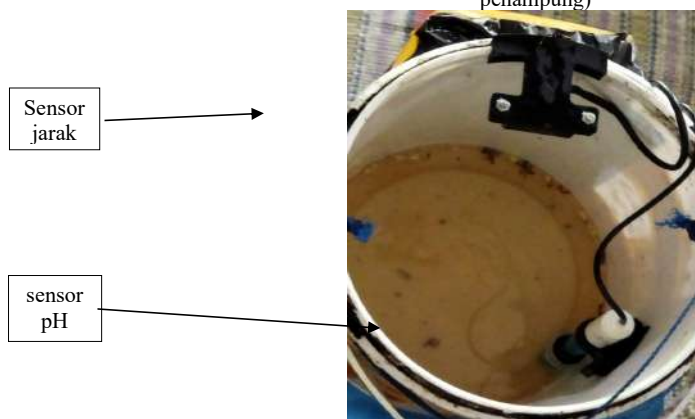
Model fisik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah HC-SR04, mengacu ke (Hidayanto & Winarno, 2016) yang menyatakan bahwa sensor jarak memiliki kelebihan pantulan gelombang suara yang dipancarkan *trig* sangat cepat dan ditangkap oleh *echo* dalam *port* yang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



**Gambar 4.** Skema rangkaian elektronik perangkat pemantau volume dan keasaman nira berbasis mikrokontroler



**Gambar 5.** Perangkat sistem pemantau volume dan keasaman nira (dipasang di samping penampung)

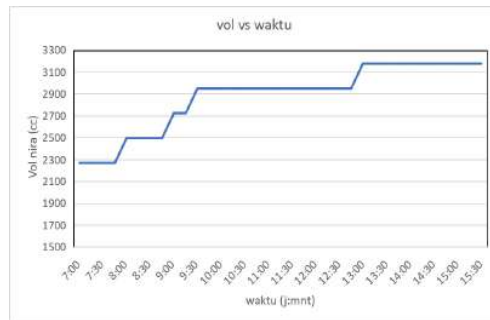


**Gambar 6.** Instalasi sensor jarak dan sensor pH pada penampung nira yang dipasang di atas pohon.  
**Pengukuran volume**

Untuk mengukur volume nira secara otomatis, sistem ini membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor ultrasonik, seperti yang dilakukan (Farhamsa et al., 2017; 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 berdasar waktu yang digunakan oleh suara untuk kembali setelah pantulan. Jarak antara sensor tersebut sebesar setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim sampai diterima oleh rangkaian penerima. Karena sensor pada posisi tetap, yaitu di bibir ember, dan permukaan nira yang dijadikan media pantul berubah, maka dapat ditentukan ketinggian larutan tersebut di dalam wadah. Kemudian volume larutan dapat diperoleh dengan perkalian antara tinggi permukaan

larutan dan luas permukaan larutan dalam wadah.

Gambar 7 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pada pukul 07.00 wib, 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. Ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Dengan sistem pemantau ini, fenomena penetes nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya bisa digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.



**Gambar 7.** Hasil pengukuran volume nira oleh SPVAN saat penyadapan antara pukul 07.00 - 15.30

#### Pengukuran keasaman

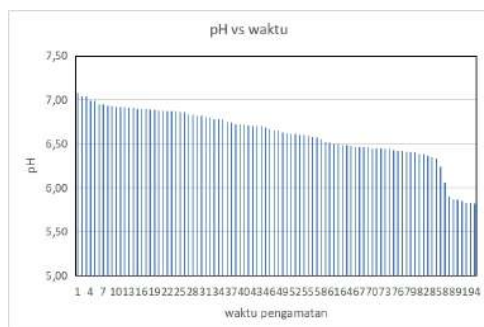
Tingkat keasaman suatu larutan didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut.

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 = 0,7%. Meskipun dapat dikatakan 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 8.** 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 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 8 memperlihatkan contoh hasil pengamatan tersebut. Data ini bisa diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diset untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes, pH nya normal ( $\pm 7$ ), 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 8 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 = 93%, sedangkan pembacaan pH= 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 bisa dipasang 2 sensor untuk mengatasi kesalahan karena posisi wadah yang miring.

## UCAPAN TERIMA KASIH

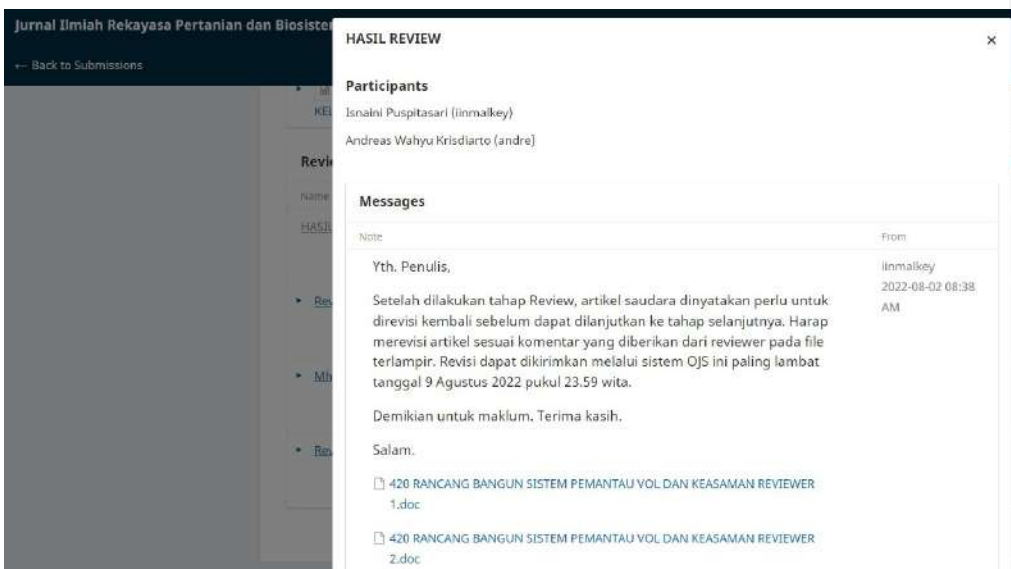
Penulis berterima kasih kepada Institut Pertanian Stiper Yogyakarta yang telah mendukung pendanaan penelitian, dan kelompok pengrajin gula kelapa “Sajeng Manis”, Pacitan yang telah menjadi sumber ide penelitian dan media pengujian.

## DAFTAR REFERENSI

Adisetya, E., & Krisdiarto, A. W. (2022). Preservative of Coconut Sap Shelf Life derived from Mangosteen Yellow. *JITIPARI*, 7(1), 59–67.

- Farhamsa, D., Mayusa, R. A., & Th.Musa, Moh. D. (2017). Alat ukur volume fluida cair berbasis mikrokontroller. *Gravitasi*, 15(1), 1–7.
- 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 Mikrokontroller 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.
- Indonesia, Eksportir Utama Gula Kelapa. (n.d.). Retrieved May 18, 2022, from [https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:\\$sim\\$:text=Kapasitas produksi gula 154%2C8,5-2 liter%2Fhari](https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:$sim$: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.
- Naufalin, R., & Yanto, T. (2012). Pengaruh Konsentrasi Ca(OH)<sub>2</sub>, Jenis Bahan Pengawet Alami dan Lama Simpan Terhadap Kualitas Nira Kelapa. *J. Pembangunan Pedesaan*, 12(2), 86–96.
- 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.

## 2. Bukti Konfirmasi Review dan Hasil Review Pertama (02 Agustus 2022)



## **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 dan Gani Supriyanto**

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

H-mail: [andre@instiperjogja.ac.id](mailto:andre@instiperjogja.ac.id) HP: 081 2155 6847

### **ABSTRACT**

*Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farming families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). Because the people who produce coconut sugar are low-level people and are carried out traditionally, it is often not optimal, including the quality. 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 makeshift containers (containers), so that the juice is dirty, contaminated with other materials, and added with rain water so that the sugar content drops. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system for the addition of sap and changes in its character is needed while in the reservoir. 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 are 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 devices (HP), 4) Testing the design results, both functional and external. The test shows that the design works well, can measure the volume and pH of the sap in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume = 93%, while pH = 99%. The device designed 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 from any device in real time.*

**Keywords:** coconut sap, monitoring system, volume, acidity.

### **ABSTRAK**

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dengan membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar namun rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Karena pelaku produksi gula kelapa masyarakat tingkat bawah dan dilakukan secara tradisional, seringkali hasilnya tidak optimum, termasuk mutunya. 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 kotor, terkontaminasi bahan lain, dan

tertambahi dengan air hujan sehingga kadar gula turun. Untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadap diperlukan sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakternya selama dalam tampungan. Naskah ini melaporkan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga bisa 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 bisa 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 = 93%, sedangkan pH= 99%. Perangkat hasil rancangan dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon bisa dipantau dari gawai dimanapun secara waktu nyata.

**Kata kunci:** keasaman, nira kelapa, sistem pemantau, 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 yang sebesar 14.095 ton (senilai USD18,402 juta) menjadi sebanyak 35.578 ton (USD 52,521 juta) pada tahun 2018.

Beberapa sentra gula kepala di Indonesia antara lain Kab Kulon Progo di DIY, Kab. Banyumas, Jawa Tengah, Kab Pangandaran, Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan, Jawa Timur. Rendeman proses produksi gula  $\pm 20\%$ , 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 namun 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); (Naufalin & Yanto, 2012). 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 hingga saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka 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

**Commented [A7]:** Perhatikan penulisan

**Commented [A8]:** Perlu dijelaskan apakah teknologi yang dikembangkan (sistem monitoring) ini akan digunakan oleh masyarakat tingkat bawah mengingat masyarakat tingkat bawah biasanya penghasilan maupun penguasaan teknologinya rendah.  
Perlu juga dijelaskan apakah dengan hanya dipantau secara berkala kualitas niranya bisa dioptimalkan. Perlu dijelaskan perbedaan kualitas nira dengan sistem monitoring ini dibandingkan dengan apabila pengukuran hanya dilakukan pada saat niranya diturunkan dari pohon kelapa. Kalau ada standar kualitas nira (misalnya SNI) bisa juga disertakan.

juga bisa ditambah air hujan, sehingga kadar gula turun (lihat Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang/*losses*, dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat. Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (lihat 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, atau semacam di dalam 'black box', sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Karena itu, dibutuhkan instrumen yang bisa mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



**Gambar 1.** Penampung nira kelapa



**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. Bila proses ini dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang sekaligus memiliki sistem pemantau secara otomatis.

### **Tujuan**

Naskah ini bertujuan melaporkan :

7. Perancangan model sistem pemantau volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara 'real time', berbasis mikrokontroler.
8. Mendapatkan hasil uji 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 yaitu gelas ukur, pH meter, mikrokontroler, sensor jarak, sensor pH. Adapun bahan yang menjadi obyek yaitu mayang pohon kelapa dan niranya.

**Commented [A9]:** Perlu dituliskan tipe sensor yang digunakan, tipe mikrokontroler, dan tipe transmitter data secara nirkabel !.

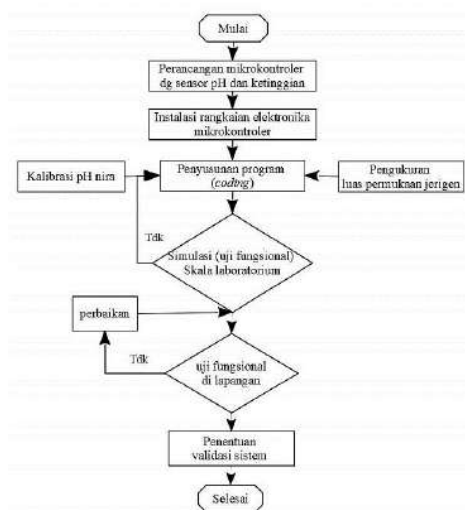
### Metode

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

10. Perancangan sistem pantau pH dan volume nira. Perancangan meliputi bagian *hardware* (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor dan pengirim data) dan *software* (*coding*). Di tahapan ini diperlukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, sehingga digunakan analisa regresi korelasi;
11. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan uji fungsional di laboratorium.
12. Instalasi, uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan.

### Pengembangan Model SPVAN

Model/prototipe SPVAN dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 3 berikut:



**Gambar 3.** Proses Pengembangan SPVAN

### Rancang bangun Sistem

Sistem SPVAN ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 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 (1) berikut:

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

dimana:

V = volume nira tertampung

$\pi$  = konstanta

r = jari2 permukaan penampung

t = tinggi permukaan nira

= 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 sudah mengirimkan data 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 2 tahap. Tahap pertama alat diuji fungsional di laboratorium, disimulasi menggunakan nira sebanyak 2 lt, 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 eror 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. Kemudian 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 sesungguhnya nira, yang diukur dengan gelas ukur dan kertas lakmus (pHmeter). Hal ini untuk mendapatkan derajat ketepatan antara hasil bacaan sistem dengan data riil obyek penelitian (Validitas). Penghitungan validitas menggunakan analisis statistik Product Moment Pearson. Sistem dikatakan baik jika validitas pembacaan >90%. Tingkat validitas ini menentukan keyakinan kebenaran bacaan sistem atas obyek yang diamati, yakni nira kelapa selama penyadapan.

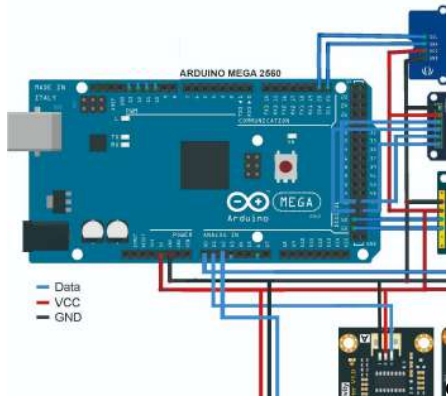
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa penelitian rancang bangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain oleh (Farhamsa et al., 2017; Fikri et al., 2015; Kapiudin et al., 2019; Rahmanto et al., 2020) Hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada berbagai kebutuhan. 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 6). Koneksi sensor jarak dan sensor pH dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.

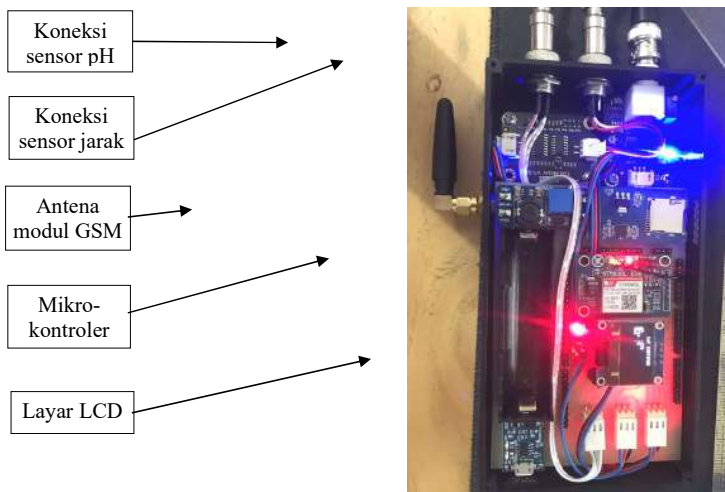
**Commented [A10]:** Perlu juga disertakan foto bentuk tampilan data pada smartphone.

### Model Fisik SPVAN

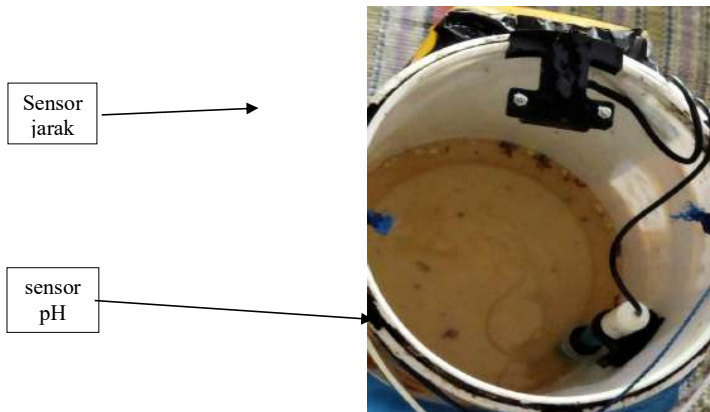
Model fisik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah HC-SR04, mengacu ke (Hidayanto & Winarno, 2016) yang menyatakan bahwa sensor jarak memiliki kelebihan pantulan gelombang suara yang dipancarkan *trig* sangat cepat dan ditangkap oleh *echo* dalam *port* yang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



**Gambar 4.** Skema rangkaian elektronik perangkat pemantau volume dan keasaman nira berbasis mikrokontroler



**Gambar 5.** Perangkat sistem pemantau volume dan keasaman nira (dipasang di samping penampung)



**Gambar 6.** Instalasi sensor jarak dan sensor pH pada penampung nira yang dipasang di atas pohon.

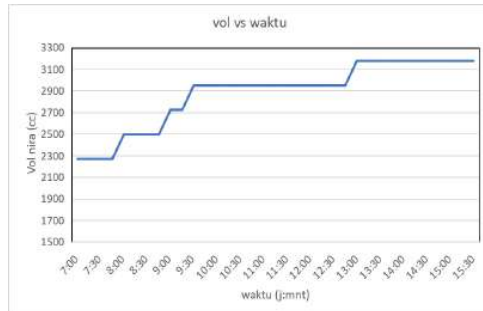
#### Pengukuran volume

Untuk mengukur volume nira secara otomatis, sistem ini membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor ultrasonik, seperti yang dilakukan (Farhamsa et al., 2017; 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 berdasar waktu yang digunakan oleh suara untuk kembali setelah pantulan. Jarak antara sensor tersebut sebesar setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim sampai diterima oleh rangkaian penerima. Karena sensor pada posisi tetap, yaitu di bibir ember, dan permukaan nira yang dijadikan media pantul berubah, maka dapat ditentukan ketinggian larutan tersebut di dalam wadah. Kemudian volume larutan dapat diperoleh dengan perkalian antara tinggi permukaan larutan dan luas permukaan larutan dalam wadah.

Gambar 7 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pada pukul 07.00 wib, 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. Ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Dengan sistem pemantau ini, fenomena penetesan nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya bisa digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.

**Commented [A11]:** Perlu juga dilengkapi dengan foto sistem pengukuran ini yang terpasang secara riil pada pohon kelapa.

**Commented [A12]:** Sebelum dipergunakan untuk melakukan pengukuran, maka sensor pengukur volume ini perlu dikalibrasi. Grafik kalibrasi sensor perlu disertakan dalam artikel ini. Rentang pengukuran volume dari sensor termasuk informasi ketelitian (Resolusi) pengukuran sensor (berapa ml) juga perlu diinformasikan pada artikel ini !.



**Gambar 7.** Hasil pengukuran volume nira oleh SPVAN saat penyadapan antara pukul 07.00 - 15.30

### Pengukuran keasaman

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.

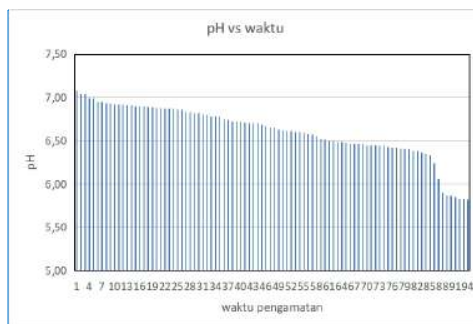
Secara elektronik, pH meter merupakan satu alat laboratorium yang berfungsi untuk mengukur dan mengetahui pH dengan menggunakan elektroda yang akan menampilkan hasil pengukuran (Ihsanto & Hidayat, 2014). Penelitian ini memanfaatkan sensor pH yang sudah tersedia di lapangan untuk mengukur tingkat keasaman 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 = 0,7%. Meskipun dapat dikatakan ketepatannya > 99%, terdapat kecenderungan semakin besar pH, tingkat error semakin kecil.

**Tabel 1.** Uji Error Alat Pengukur pH

| no | pH<br>Larutan | Bacaan |      |      | Rerata<br>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                |

**Commented [A13]:** Perlu dijelaskan jenis larutan yang dipergunakan pada pengukuran ini. Bila perlu ditambahkan satu kolom untuk jenis larutannya (kalau jenis larutannya berbeda).



**Commented [A14]:** Penulisan angka pada sumbu datar perlu disamakan dengan gambar 7 karena sama sama berbasis waktu !. perlu dilengkapi garis skala pada sumbu datarnya sehingga bisa diketahui angka skala tersebut pada posisi mana di grafik. Posisi angka pada sumbu datar terlalu rapat sehingga kurang jelas. Label sumbu datarnya perlu diberi satuan !.

**Gambar 8.** 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 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 8 memperlihatkan contoh hasil pengamatan tersebut. Data ini bisa diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diset untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes, pH nya normal ( $\pm 7$ ), 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 8 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 = 93%, sedangkan pembacaan pH = 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 bisa 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.
- Farhamsa, D., Mayusa, R. A., & Th.Musa, Moh. D. (2017). Alat ukur volume fluida cair berbasis mikrokontroler. *Gravitasi*, 15(1), 1–7.
- 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.

**Commented [A15]:** Perlu dijelaskan mengapa terjadi penurunan tajam pada periode akhir. Apakah unjuk kerja sensor PH ini tetap baik jika dirandom dalam waktu lama ?

**Commented [A16]:** Pada tujuan no 2 tertulis sistem yang dikembangkan ini dapat mengoptimasi mutu nira. Tetapi pada pembahasan dan kesimpulan belum ada uraian tentang bagaimana sistem yang dikembangkan mampu mengoptimasi mutu nira. Yang diinformasikan hanya sebatas hasil pengukuran secara real time.

<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.
- Indonesia, Eksportir Utama Gula Kelapa. (n.d.). Retrieved May 18, 2022, from [https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:\\$sim\\$:text=Kapasitas produksi gula 154%2C8,5-2 liter%2Fhari](https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:$sim$: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.
- Naufalin, R., & Yanto, T. (2012). Pengaruh Konsentrasi Ca(OH)<sub>2</sub>, Jenis Bahan Pengawet Alami dan Lama Simpan Terhadap Kualitas Nira Kelapa. *J. Pembangunan Pedesaan*, 12(2), 86–96.
- 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.

## **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 dan Gani Supriyanto**

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

I-mail: [andre@instiperjogja.ac.id](mailto:andre@instiperjogja.ac.id) HP: 081 2155 6847

### **ABSTRACT**

*Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farming families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). Because the people who produce coconut sugar are low-level people and are carried out traditionally, it is often not optimal, including the quality. 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 makeshift containers (containers), so that the juice is dirty, contaminated with other materials, and added with rain water so that the sugar content drops. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system for the addition of sap and changes in its character is needed while in the reservoir. 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 are 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 devices (HP), 4) Testing the design results, both functional and external. The test shows that the design works well, can measure the volume and pH of the sap in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume = 93%, while pH = 99%. The device designed 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 from any device in real time.*

**Keywords:** coconut sap, monitoring system, volume, acidity.

### **ABSTRAK**

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dengan membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar namun rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Karena pelaku produksi gula kelapa masyarakat tingkat bawah dan dilakukan secara tradisional, seringkali hasilnya tidak optimum, termasuk mutunya. 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 kotor, terkontaminasi bahan lain, dan

tertambahi dengan air hujan sehingga kadar gula turun. Untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadap diperlukan sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakternya selama dalam tampungan. Naskah ini melaporkan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga bisa 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 bisa 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 = 93%, sedangkan pH= 99%. Perangkat hasil rancangan dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon bisa dipantau dari gawai dimanapun secara waktu nyata.

**Kata kunci:** keasaman, nira kelapa, sistem pemantau, 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 yang sebesar 14.095 ton (senilai USD18,402 juta) menjadi sebanyak 35.578 ton (USD 52,521 juta) pada tahun 2018.

Beberapa sentra gula kepala di Indonesia antara lain Kab Kulon Progo di DIY, Kab. Banyumas, Jawa Tengah, Kab Pangandaran, Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan, Jawa Timur. Rendeman proses produksi gula  $\pm 20\%$ , 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 namun 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); (Naufalin & Yanto, 2012). 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 hingga saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka 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 bisa ditambah air hujan, sehingga kadar gula turun (lihat Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang/*losses*, dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat. Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (lihat 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, atau semacam di dalam '*black box*', sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Karena itu, dibutuhkan instrumen yang bisa mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



**Gambar 1.** Penampung nira kelapa



**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. Bila proses ini dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang sekaligus memiliki sistem pemantau secara otomatis.

### **Tujuan**

Naskah ini bertujuan melaporkan :

9. Perancangan model sistem pemantau volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara '*real time*', berbasis mikrokontroler.
10. Mendapatkan hasil uji 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 yaitu gelas ukur, pH meter, mikrokontroler, sensor jarak, sensor pH. Adapun bahan yang menjadi obyek yaitu mayang pohon kelapa dan niranya.

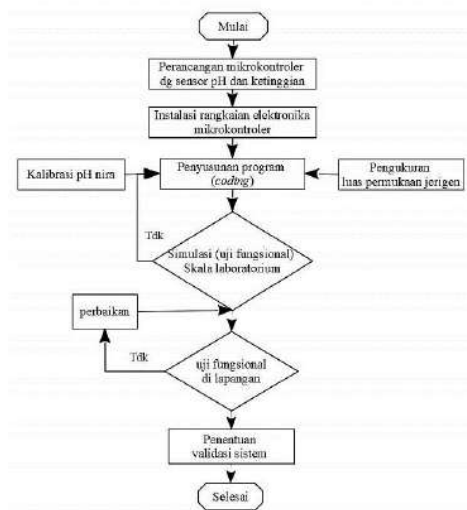
## Metode

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

13. Perancangan sistem pantau pH dan volume nira. Perancangan meliputi bagian *hardware* (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor dan pengirim data) dan *software* (*coding*). Di tahapan ini diperlukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, sehingga digunakan analisa regresi korelasi;
14. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan uji fungsional di laboratorium.
15. Instalasi, uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan.

## Pengembangan Model SPVAN

Model/prototipe SPVAN dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Proses Pengembangan SPVAN

## Rancang bangun Sistem

Sistem SPVAN ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 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 (1) berikut:

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

**Commented [A17]:** perlu diperjelas jenis atau tipe sensor yang digunakan

**Commented [A18]:** belum terlihat hasil analisis data kedua parameter dengan regresi dalam bab hasil dan pembahasan sehingga perlu ditambahkan

dimana:

$V$  = volume nira tertampung

$\pi$  = konstanta

$r$  = jari2 permukaan penampung

$t$  = tinggi permukaan nira

= 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 sudah mengirimkan data 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 2 tahap. Tahap pertama alat diuji fungsional di laboratorium, disimulasi menggunakan nira sebanyak 2 lt, 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 eror 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. Kemudian 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 sesungguhnya nira, yang diukur dengan gelas ukur dan kertas lakmus (pHmeter). Hal ini untuk mendapatkan derajat ketepatan antara hasil bacaan sistem dengan data riil obyek penelitian (Validitas). Penghitungan validitas menggunakan analisis statistik Product Moment Pearson. Sistem dikatakan baik jika validitas pembacaan >90%. Tingkat validitas ini menentukan keyakinan kebenaran bacaan sistem atas obyek yang diamati, yakni nira kelapa selama penyadapan.

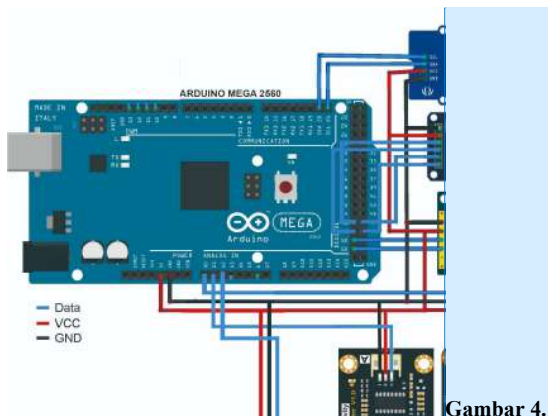
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa penelitian rancang bangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain oleh (Farhamsa et al., 2017; Fikri et al., 2015; Kapiudin et al., 2019; Rahmanto et al., 2020) Hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada berbagai kebutuhan. 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 6). Koneksi sensor jarak dan sensor pH dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.

### Model Fisik SPVAN

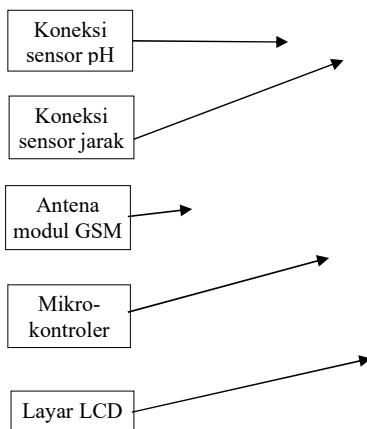
**Commented [A19]:** belum terlihat data hasil simulasi/kalibrasi intuk sensor volume, sehingga perlu ditambahkan

Model fisik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah HC-SR04, mengacu ke (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 beda sehingga data mudah didapatkan. Bacaan sensor yang dalam satuan cm ini akan dikonversi oleh mikrokontroler Arduino menjadi volume nira (lt). Secara fisik model SPVAN yang dikembangkan tersaji pada Gambar 5.

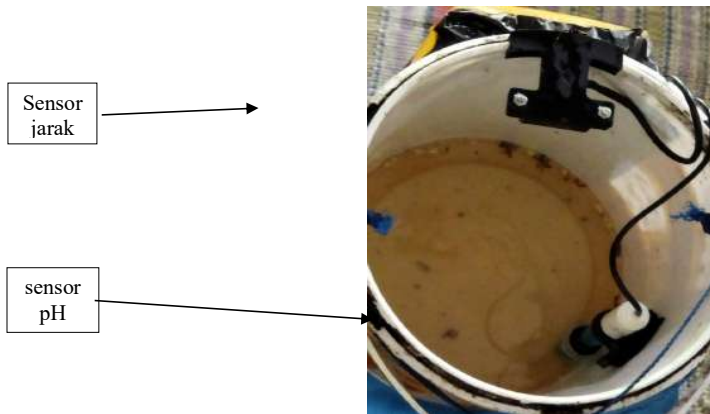


**Gambar 4.** Skema rangkaian elektronik perangkat pemantau volume dan keasaman nira berbasis mikrokontroler

**Commented [A20]:** perlu dijelaskan peran dari TDS sensor dalam sistem yang dibangun



**Gambar 5.** Perangkat sistem pemantau volume dan keasaman nira (dipasang di samping penampung)

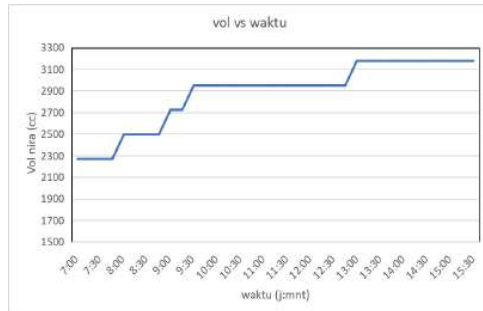


**Gambar 6.** Instalasi sensor jarak dan sensor pH pada penampung nira yang dipasang di atas pohon.

#### **Pengukuran volume**

Untuk mengukur volume nira secara otomatis, sistem ini membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor ultrasonik, seperti yang dilakukan (Farhamsa et al., 2017; 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 berdasar waktu yang digunakan oleh suara untuk kembali setelah pantulan. Jarak antara sensor tersebut sebesar setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim sampai diterima oleh rangkaian penerima. Karena sensor pada posisi tetap, yaitu di bibir ember, dan permukaan nira yang dijadikan media pantul berubah, maka dapat ditentukan ketinggian larutan tersebut di dalam wadah. Kemudian volume larutan dapat diperoleh dengan perkalian antara tinggi permukaan larutan dan luas permukaan larutan dalam wadah.

Gambar 7 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pada pukul 07.00 wib, 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. Ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Dengan sistem pemantau ini, fenomena penetesan nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya bisa digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.



**Gambar 7.** Hasil pengukuran volume nira oleh SPVAN saat penyadapan antara pukul 07.00 - 15.30

**Commented [A21]:** pada tabel terlihat bahwa terdapat volume awal saat pemasangan penampung (jam 7:00) sebesar 2300 cc. oleh karena itu perlu penjelasan terkait hal ini/volume apa yang terukur

### Pengukuran keasaman

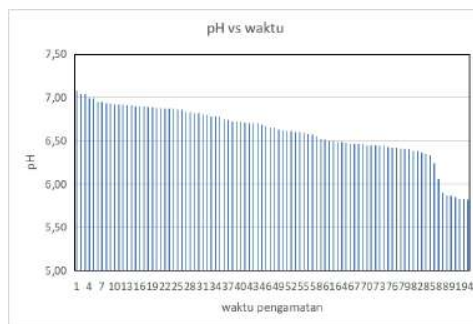
Tingkat keasaman suatu larutan didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut.

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 = 0,7%. Meskipun dapat dikatakan ketepatannya > 99%, terdapat kecenderungan semakin besar pH, tingkat error semakin kecil.

Tabel 1. Uji Error Alat Pengukur pH

| no | pH      | Bacaan |      |      | Rerata Error(%) |
|----|---------|--------|------|------|-----------------|
|    | Larutan | 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 8.** 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 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 8 memperlihatkan contoh hasil pengamatan tersebut. Data ini bisa diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diset untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes, pH nya normal ( $\pm 7$ ), 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 8 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 = 93%, sedangkan pembacaan pH = 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 bisa 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.
- Farhamsa, D., Mayusa, R. A., & Th.Musa, Moh. D. (2017). Alat ukur volume fluida cair berbasis mikrokontroler. *Gravitasi*, 15(1), 1–7.
- 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.
- Indonesia, Eksportir Utama Gula Kelapa. (n.d.). Retrieved May 18, 2022, from [https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:\\$sim\\$:text=Kapasitas produksi gula 154%2C8,5-2 liter%2Fhari](https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:$sim$: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.
- Naufalin, R., & Yanto, T. (2012). Pengaruh Konsentrasi Ca(OH)<sub>2</sub>, Jenis Bahan Pengawet Alami dan Lama Simpan Terhadap Kualitas Nira Kelapa. *J. Pembangunan Pedesaan*, 12(2), 86–96.
- 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.

## Bukti Konfirmasi Submit Revisi Pertama, Respon kepada Reviewer, dan Artikel yang Diresubmit (09 Agustus 2022)

Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan...

← Back to Submissions

Revisi round-1

Participants [Edit](#)

Isnaini Puspitasari (iinmalkey)

Andreas Wahyu Krisdiarto (andre)

Messages

| Note                                                                                                                                                   | From                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Editor JRPB yth, berikut kami sampaikan perbaikan/revisi naskah berdasarkan masukan/koreksi dari 2 reviewer. Kami perbaiki pada file masing2.          | andre<br>2022-08-09 07:44 PM |
|  420-A+RANCANG+BANGUN+SISTEM+PEMANTAU+VOL+DAN+KEASAMAN+reviwr-1.doc |                              |
|  420-B+RANCANG+BANGUN+SISTEM+PEMANTAU+VOL+DAN+KEASAMAN+reviwr-2.doc |                              |

[Add Message](#)

## **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 dan Gani Supriyanto**

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

J-mail: [andre@instiperjogja.ac.id](mailto:andre@instiperjogja.ac.id) HP: 081 2155 6847

### **ABSTRACT**

*Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farming families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). Because the people who produce coconut sugar are low-level people and are carried out traditionally, it is often not optimal, including the quality. 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 makeshift containers (containers), so that the juice is dirty, contaminated with other materials, and added with rain water so that the sugar content drops. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system for the addition of sap and changes in its character is needed while in the reservoir. 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 are 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 devices (HP), 4) Testing the design results, both functional and external. The test shows that the design works well, can measure the volume and pH of the sap in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume = 93%, while pH = 99%. The device designed 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 from any device in real time.*

**Keywords:** coconut sap, monitoring system, volume, acidity.

### **ABSTRAK**

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dengan membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar namun rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Karena pelaku produksi gula kelapa masyarakat tingkat bawah dan dilakukan secara tradisional, seringkali hasilnya tidak optimum, termasuk mutunya. 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 kotor, terkontaminasi bahan lain, dan

tertambahi dengan air hujan sehingga kadar gula turun. Untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadap diperlukan sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakternya selama dalam tampungan. Naskah ini melaporkan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga bisa 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 bisa 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 = 93%, sedangkan pH= 99%. Perangkat hasil rancangan dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon bisa dipantau dari gawai dimanapun secara waktu nyata.

**Kata kunci:** keasaman, nira kelapa, sistem pemantau, 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 14.095 ton (senilai USD 18,402 juta) pada tahun 2012 menjadi sebanyak 35.578 ton (USD 52,521 juta) pada tahun 2018.

Beberapa sentra gula kepala di Indonesia antara lain Kab Kulon Progo di DIY, Kab. Banyumas, Jawa Tengah, Kab Pangandaran, Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan, Jawa Timur. Rendeman proses produksi gula  $\pm 20\%$ , 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 namun 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. Masyarakat perlu dibantu oleh pihak lain, seperti peneliti dengan sistem yang memungkinkan pemantauan nira saat disadap. Mutu gula diawali dari mutu nira kelapa yang disadap (Indahyanti et al., 2014); (Naufalin & Yanto, 2012). Nira kelapa merupakan bahan baku pembuatan gula kelapa. Sifat nira kelapa mudah mengalami fermentasi karena kandungan nutrisinya merupakan substrat yang baik bagi pertumbuhan mikroba. (Haryanti et al., 2019) menyatakan bahwa pada kondisi baik, nira saat disadap memiliki pH 6,7. Karena kandungan nutrisinya yang tinggi, nira mudah terfermentasi. Fermentasi terjadi selama proses penyadapan hingga saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan pemberian bahan pengawet atau laru pada proses penyadapan dengan konsentrasi

**Commented [A22]:** Perhatikan penulisan sdh diperbaiki

**Commented [A23]:** Perlu dijelaskan apakah teknologi yang dikembangkan (sistem monitoring) ini akan digunakan oleh masyarakat tingkat bawah mengingat masyarakat tingkat bawah biasanya penghasilan maupun penguasaan teknologinya rendah.  
kalimat sdh diperbaiki, disesuaikan  
Perlu juga dijelaskan apakah dengan hanya dipantau secara berkala kualitas niranya bisa dioptimalkan. Perlu dijelaskan perbedaan kualitas nira dengan sistem monitoring ini dibandingkan dengan apabila pengukuran hanya dilakukan pada saat niranya diturunkan dari pohon kelapa. Kalau ada standar kualitas nira (misalnya SNI) bisa juga disertakan.  
kalimat sdh diperbaiki. Alat ini ditujukan sbg adalah alat bantu utk mengoptimasi, jadi tdk lgsg mutu nira dioptimalkan dg sistem pemantau ini

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 bisa bertambah air hujan, sehingga kadar gula turun (lihat Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang/*losses*, dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat. Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (lihat 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, atau semacam di dalam 'black box', sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Karena itu, dibutuhkan instrumen yang bisa mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



**Gambar 1.** Penampung nira kelapa



**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. Bila proses ini dipantau secara berkala, dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang memiliki sistem pemantau secara otomatis.

### Tujuan

Naskah ini bertujuan melaporkan :

11. Perancangan model sistem pemantau volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara 'real time', berbasis mikrokontroler.
12. Mendapatkan hasil uji prototipe SPVAN, sehingga dapat menyediakan alat bantu pemantau mutu nira selama proses penyadapan di pohon kelapa.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada perancangan yaitu gelas ukur, mikrokontroler Arduino AT Mega 2560, sensor jarak infra red sharp gp2y0a21, sensor pH Pro Kit V2 DFRobot, dan transmitter Modul SIM900 GPRS. Adapun bahan yang menjadi obyek yaitu mayang pohon kelapa dan niranya.

**Commented [A24]:** Perlu dituliskan tipe sensor yang digunakan, tipe mikronontroler, dan tipe transmitter data secara nirkabel !.  
sudah dilengkapi

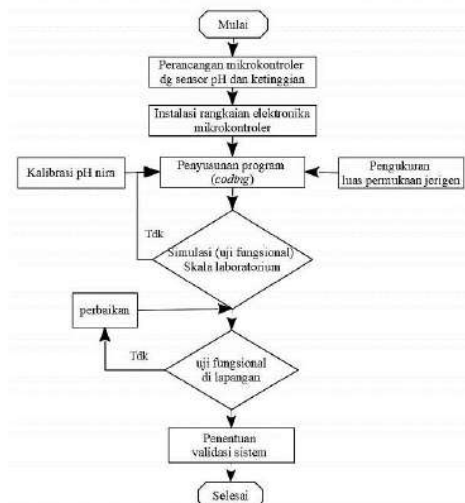
### Metode

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

16. Perancangan sistem pantau pH dan volume niranya. Perancangan meliputi bagian *hardware* (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor dan pengirim data) dan *software (coding)*. Di tahapan ini diperlukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, sehingga digunakan analisa regresi korelasi;
17. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan uji fungsional di laboratorium.
18. Instalasi, uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan.

### Pengembangan Model SPVAN

Model/prototipe SPVAN dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Proses Pengembangan SPVAN

### Rancang bangun Sistem

Sistem SPVAN ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 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 (1) berikut:

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

dimana:

V = volume nira tertampung

$\pi$  = konstanta

r = jari2 permukaan penampung

t = tinggi permukaan nira

= 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 sudah mengirimkan data 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 2 tahap. Tahap pertama alat diuji fungsional di laboratorium, disimulasi menggunakan nira sebanyak 2 lt, 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 eror 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. Kemudian 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 sesungguhnya nira, yang diukur dengan gelas ukur dan kertas lakmus (pHmeter). Hal ini untuk mendapatkan derajat ketepatan antara hasil bacaan sistem dengan data riil obyek penelitian (Validitas). Penghitungan validitas menggunakan analisis statistik Product Moment Pearson. Sistem dikatakan baik jika validitas pembacaan >90%. Tingkat validitas ini menentukan keyakinan kebenaran bacaan sistem atas obyek yang diamati, yakni nira kelapa selama penyadapan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

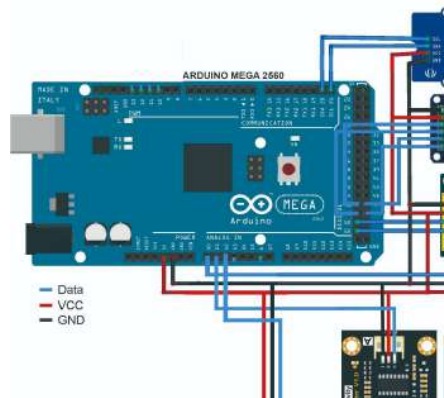
Beberapa penelitian rancang bangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain oleh (Farhamsa et al., 2017; Fikri et al., 2015; Kapiudin et al., 2019; Rahmanto et al., 2020) Hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada

**Commented [A25]:** Perlu juga disertakan foto bentuk tampilan data pada smartphone.  
sdh disertakan

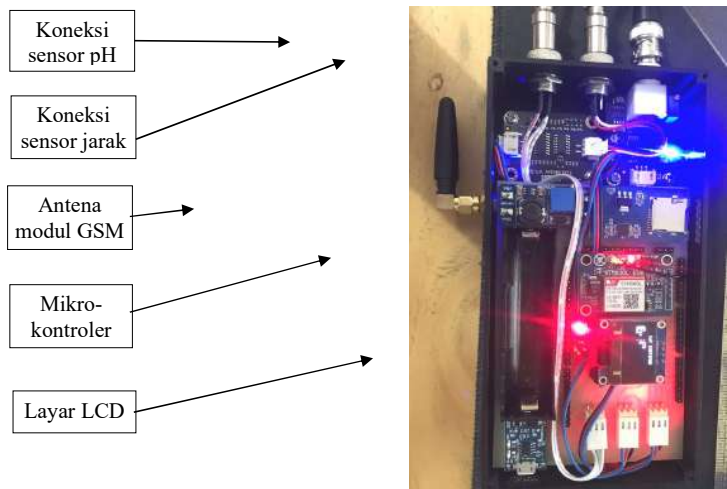
berbagai kebutuhan. Perangkat hasil rancang bangun yang dilaporkan ini dipasang pada wadah berupa ember yang digunakan untuk menampung nira sadapan dari mayang bunga kelapa di atas pohon (Gambar 6). Koneksi sensor jarak dan sensor pH dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.

#### Model Fisik SPVAN

Model fisik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah HC-SR04, mengacu ke (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 beda sehingga data mudah didapatkan. Bacaan sensor yang dalam satuan cm ini akan dikonversi oleh mikrokontroler Arduino menjadi volume nira (lt). Secara fisik model SPVAN yang dikembangkan tersaji pada Gambar 5.



**Gambar 4.** Skema rangkaian elektronik perangkat pemantau volume dan keasaman nira berbasis mikrokontroler



**Gambar 5.** Perangkat sistem pemantau volume dan keasaman nira (dipasang di samping penampung)



**Gambar 6.** Instalasi sensor jarak dan sensor pH pada penampung nira yang dipasang di atas pohon.

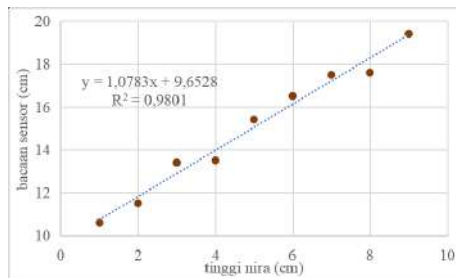


**Commented [A26]:** Perlu juga dilengkapi dengan foto sistem pengukuran ini yang terpasang secara riil pada pohon kelapa.  
sudah dilengkapi(ditambahkan)

**Gambar 7.** Tampilan hasil pengukuran pada layar smartphone (dengan aplikasi Blynk)

### Pengukuran volume

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



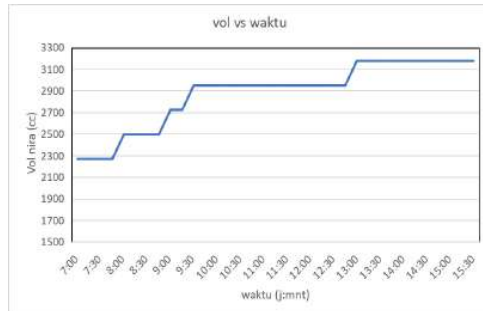
**Gambar 7.** Kalibrasi sensor pembaca tinggi nira sebagai dasar penentuan volume

Sensor tersebut memiliki rentang pengukuran 10-80 cm, dengan ketelitian 0,5cm (*Distance Sensor Comparison Guide - SparkFun Electronics*, n.d.; [html.alldatasheet.com](http://html.alldatasheet.com), n.d.)

Untuk mengukur volume nira secara otomatis, sistem ini membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor ultrasonik, seperti yang dilakukan (Farhamsa et al., 2017; 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 berdasar waktu yang digunakan oleh suara untuk kembali setelah pantulan. Jarak antara sensor tersebut sebesar setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim sampai diterima oleh rangkaian penerima. Karena sensor pada posisi tetap, yaitu di bibir ember, dan permukaan nira yang dijadikan media pantul berubah, maka dapat ditentukan ketinggian larutan tersebut di dalam wadah. Kemudian volume larutan dapat diperoleh dengan perkalian antara tinggi permukaan larutan dan luas permukaan larutan dalam wadah.

Gambar 8 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pada pukul 07.00 wib, 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. Ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Dengan sistem pemantau ini, fenomena penetasan nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya bisa digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.

**Commented [A27]:** Sebelum dipergunakan untuk melakukan pengukuran, maka sensor pengukur volume ini perlu dikalibrasi. Grafik kalibrasi sensor perlu disertakan dalam artikel ini. Rentang pengukuran volume dari sensor termasuk informasi ketelitian (Resolusi) pengukuran sensor (berapa ml) juga perlu diinformasikan pada artikel ini !. sdh ditambahkan



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

### Pengukuran keasaman

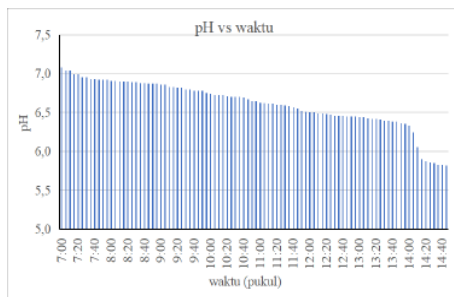
Tingkat keasaman suatu larutan didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut.

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 = 0,7%. Meskipun dapat dikatakan ketepatannya > 99%, terdapat kecenderungan semakin besar pH, tingkat error semakin kecil.

**Tabel 1.** Uji Error Alat Pengukur pH

| n<br>o | Jns<br>larutan | pH   | Bacaan alat |      |      | Rerata<br>Error<br>(%) |
|--------|----------------|------|-------------|------|------|------------------------|
|        |                |      | 1           | 2    | 3    |                        |
| 1      | nira           | 4,01 | 3,95        | 3,99 | 3,90 | 1,5                    |
| 2      | Air<br>sumur   | 6,86 | 6,78        | 6,95 | 6,70 | 0,5                    |
| 3      | alkohol        | 9,18 | 9,10        | 9,05 | 9,10 | 0,1                    |



**Commented [A28]:** Perlu dijelaskan jenis larutan yang dipergunakan pada pengukuran ini. Bila perlu ditambahkan satu kolom untuk jenis larutannya (kalau jenis larutannya berbeda).  
sdh ditambahkan

**Commented [A29]:** Penulisan angka pada sumbu datar perlu disamakan dengan gambar 7 karena sama sama berbasis waktu !. perlu dilengkapi garis skala pada sumbu datarnya sehingga bisa diketahui angka skala tersebut pada posisi mana di grafik. Posisi angka pada sumbu datar terlalu rapat sehingga kurang jelas. Label sumbu datarnya perlu diberi satuan !.  
sudah diperbaiki

**Gambar 9.** 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 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 8 memperlihatkan contoh hasil pengamatan tersebut. Data ini bisa diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diset untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes, pH nya normal ( $\pm 7$ ), kemudian menurun, dan terlihat penurunan pH cenderung tajam di akhir periode. Hal ini karena fermentasi disebabkan terutama oleh bakteri (Bulu et al., 2019) yang pertumbuhannya bersifat eksponensial, sehingga pada periode tertentu menyebabkan peningkatan keasaman yang cepat (*The Bacterial Growth Curve and the Factors Affecting Microbial Growth*, n.d.). Unjuk kerja sensor pH pada sistem ini terlihat cukup stabil selama periode penderesan, yaitu 8-12 jam. Mengacu kepada Tabel 1, dapat dikatakan pembacaan pH nira oleh SPVAN seperti tersaji pada Gambar 9 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 = 93%, sedangkan pembacaan pH = 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 bisa 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.
- Bulu, S., Ledo, M. E. S., & Rupidara, A. D. N. (2019). *IDENTIFIKASI BAKTERI ASAM LAKTAT PADA NIRA SEGAR LONTAR (Borassus flabellifer Linn)*. 6.

**Commented [A30]:** Perlu dijelaskan mengapa terjadi penurunan tajam pada periode akhir. Apakah unjuk kerja sensor PH ini tetap baik jika dirandam dalam waktu lama ?  
sdh direvisi, ditambahkan penjelasan

**Commented [A31]:** Pada tujuan no 2 tertulis sistem yang dikembangkan ini dapat mengoptimasi mutu nira. Tetapi pada pembahasan dan kesimpulan belum ada uraian tentang bagaimana sistem yang dikembangkan mampu mengoptimasi mutu nira. Yang diinformasikan hanya sebatas hasil pengukuran secara real time.  
tujuan sdh disesuaikan

- Distance Sensor Comparison Guide—SparkFun Electronics*. (n.d.). Retrieved August 5, 2022, from [https://www.sparkfun.com/distance\\_sensor\\_comparison\\_guide](https://www.sparkfun.com/distance_sensor_comparison_guide)
- Farhamsa, D., Mayusa, R. A., & Th.Musa, Moh. D. (2017). Alat ukur volume fluida cair berbasis mikrokontroler. *Gravitasi*, 15(1), 1–7.
- 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>
- Haryanti, P., Supriyadi, S., Marseno, D. W., & Santoso, U. (2019). Effects of Different Weather Conditions and Addition of Mangosteen Peel Powder on Chemical Properties and Antioxidant Activity of Coconut Sap. *AgriTECH*, 38(3), 295. <https://doi.org/10.22146/agritech.29844>
- 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>
- html.alldatasheet.com. (n.d.). *GP2Y0A21YK0F Datasheet(5/9 Pages) SHARP | Distance Measuring Sensor Unit Measuring distance: 10 to 80 cm Analog output type*. Retrieved August 5, 2022, from <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/412635/SHARP/GP2Y0A21YK0F/799/5/GP2Y0A21YK0F.html>
- 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.
- Indonesia, Eksportir Utama Gula Kelapa. (n.d.). Retrieved May 18, 2022, from [https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:\\$sim\\$: text=Kapasitas produksi gula 154%2C8,5-2 liter%2Fhari](https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:$sim$: 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.
- Naufalin, R., & Yanto, T. (2012). Pengaruh Konsentrasi Ca(OH)<sub>2</sub>, Jenis Bahan Pengawet Alami dan Lama Simpan Terhadap Kualitas Nira Kelapa. *J. Pembangunan Pedesaan*, 12(2), 86–96.
- 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.
- The Bacterial Growth Curve and the Factors Affecting Microbial Growth*. (n.d.). ThoughtCo. Retrieved August 4, 2022, from <https://www.thoughtco.com/bacterial-growth-curve-phases-4172692>

## **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 dan Gani Supriyanto**

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

K-mail: [andre@instiperjogja.ac.id](mailto:andre@instiperjogja.ac.id) HP: 081 2155 6847

### **ABSTRACT**

*Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farming families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). Because the people who produce coconut sugar are low-level people and are carried out traditionally, it is often not optimal, including the quality. 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 makeshift containers (containers), so that the juice is dirty, contaminated with other materials, and added with rain water so that the sugar content drops. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system for the addition of sap and changes in its character is needed while in the reservoir. 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 are 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 devices (HP), 4) Testing the design results, both functional and external. The test shows that the design works well, can measure the volume and pH of the sap in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume = 93%, while pH = 99%. The device designed 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 from any device in real time.*

**Keywords:** coconut sap, monitoring system, volume, acidity.

### **ABSTRAK**

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dengan membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar namun rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Karena pelaku produksi gula kelapa masyarakat tingkat bawah dan dilakukan secara tradisional, seringkali hasilnya tidak optimum, termasuk mutunya. 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 kotor, terkontaminasi bahan lain, dan ditambahi dengan air hujan sehingga kadar gula turun. Untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadap diperlukan sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakternya selama dalam tampungan. Naskah ini melaporkan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga bisa 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 bisa 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 = 93%, sedangkan pH= 99%. Perangkat hasil rancangan dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon bisa dipantau dari gawai dimanapun secara waktu nyata.

**Kata kunci:** keasaman, nira kelapa, sistem pemantau, 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 yang sebesar 14.095 ton (senilai USD18,402 juta) menjadi sebanyak 35.578 ton (USD 52,521 juta) pada tahun 2018.

Beberapa sentra gula kelapa di Indonesia antara lain Kab Kulon Progo di DIY, Kab. Banyumas, Jawa Tengah, Kab Pangandaran, Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan, Jawa Timur. Rendeman proses produksi gula  $\pm 20\%$ , 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 namun 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); (Naufalin & Yanto, 2012). 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 hingga saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka 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 bisa bertambah air hujan, sehingga kadar gula turun (lihat Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang/*losses*, dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat. Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (lihat 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, atau semacam di dalam '*black box*', sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Karena itu, dibutuhkan instrumen yang bisa mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



**Gambar 1.** Penampung Nira Kelapa



**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. Bila proses ini dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang sekaligus memiliki sistem pemantau secara otomatis.

### Tujuan

Naskah ini bertujuan melaporkan :

13. Perancangan model sistem pemantau volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara '*real time*', berbasis mikrokontroler.
14. Mendapatkan hasil uji 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 yaitu gelas ukur, Alat yang digunakan pada perancangan yaitu gelas ukur, mikrokontroler Arduino AT Mega 2560, sensor jarak infra merah sharp gp2y0a21, sensor pH Pro Kit V2 DFRobot, dan transmitter Modul SIM900 GPRS. Adapun bahan yang menjadi obyek yaitu mayang pohon kelapa dan niranya.

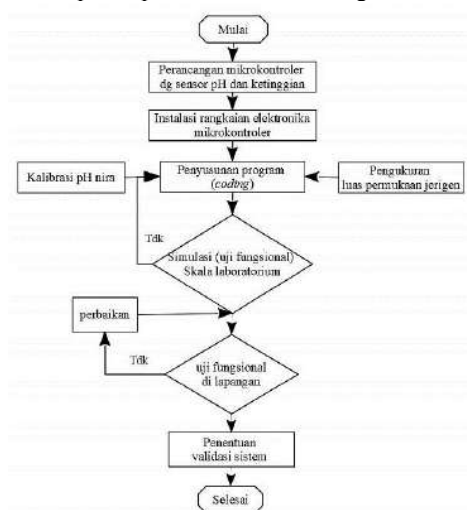
## Metode

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

19. Perancangan sistem pantau pH dan volume nira. Perancangan meliputi bagian *hardware* (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor dan pengirim data) dan *software (coding)*. Di tahapan ini diperlukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, sehingga digunakan analisa regresi korelasi (Billy & Krisdiarto, 2022).
20. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan uji fungsional di laboratorium.
21. Instalasi, uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan.

## Pengembangan Model SPVAN

Model/prototipe SPVAN dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Proses Pengembangan SPVAN

## Rancang bangun Sistem

Sistem SPVAN ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560. Pembacaan

**Commented [A32]:** perlu diperjelas jenis atau tipe sensor yang digunakan  
Sdh ditambahkan di alat & bahan

**Commented [A33]:** belum terlihat hasil analisis data kedua parameter dengan regresi dalam bab hasil dan pembahasan sehingga perlu ditambahkan sudah ditambahkan di pembahasan, sub bag pengukuran volume dan sub bag pengukuran pH

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 (1) berikut:

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

dimana:

V = volume nira tertampung

$\pi$  = konstanta

r = jari2 permukaan penampung

t = tinggi permukaan nira

= 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 sudah mengirimkan data 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 2 tahap. Tahap pertama alat diuji fungsional di laboratorium, disimulasi menggunakan nira sebanyak 2 lt, 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 eror 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. Kemudian 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 sesungguhnya nira, yang diukur dengan gelas ukur dan kertas lakmus (pHmeter). Hal ini untuk mendapatkan derajat ketepatan antara hasil bacaan sistem dengan data riil obyek penelitian (Validitas). Penghitungan validitas menggunakan analisis statistik Product Moment Pearson. Sistem dikatakan baik jika validitas pembacaan >90%. Tingkat validitas ini menentukan keyakinan kebenaran bacaan sistem atas obyek yang diamati, yakni nira kelapa selama penyadapan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

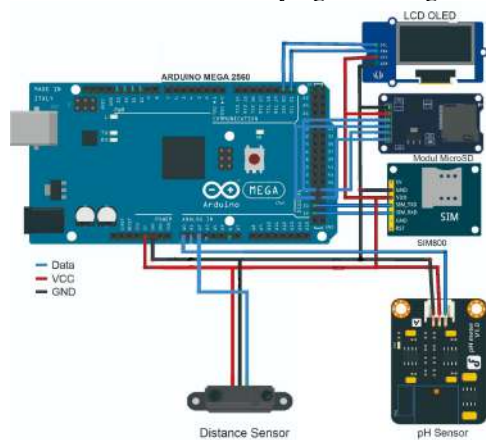
Beberapa penelitian rancang bangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain oleh (Farhamsa et al., 2017; Fikri et al., 2015; Kapiudin et al., 2019; Rahmanto et al., 2020) Hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada berbagai kebutuhan. Perangkat hasil rancang bangun yang dilaporkan ini dipasang pada wadah

**Commented [A34]:** belum terlihat data hasil simulasi/kalibrasi intuk sensor volume, sehingga perlu ditambahkan sudah ditambahkan di pembahasan, sub bag Pengukuran Volume

berupa ember yang digunakan untuk menampung nira sadapan dari mayang bunga kelapa di atas pohon (Gambar 6). Koneksi sensor jarak dan sensor pH dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.

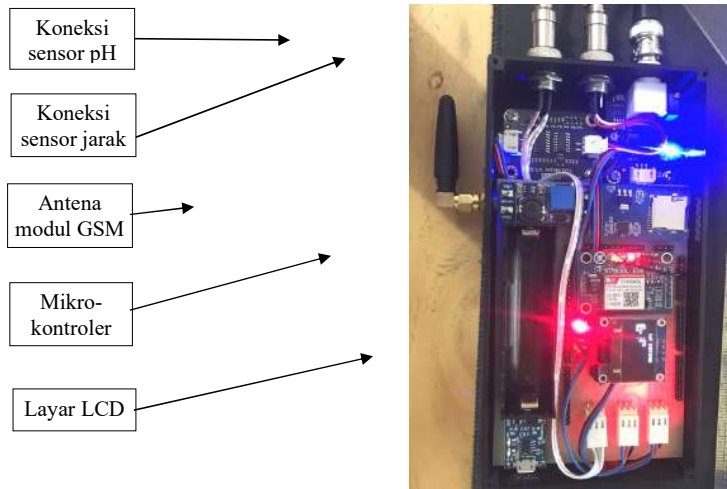
#### Model Fisik SPVAN

Model fisik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah HC-SR04, mengacu ke (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 beda sehingga data mudah didapatkan. Bacaan sensor yang dalam satuan cm ini akan dikonversi oleh mikrokontroler Arduino menjadi volume nira (lt). Secara fisik model SPVAN yang dikembangkan tersaji pada Gambar 5.

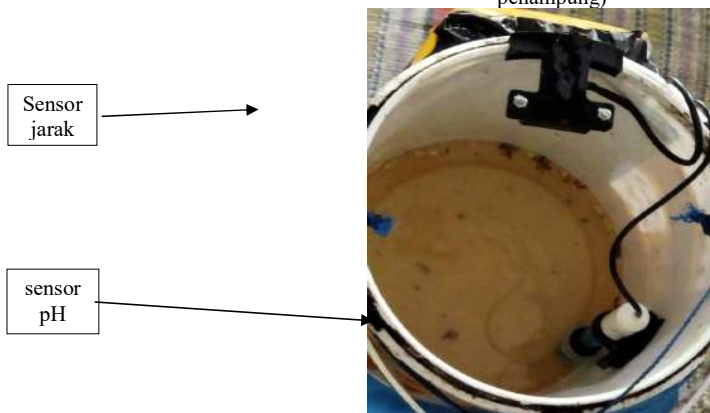


**Gambar 4.** Skema Rangkaian Elektronik Perangkat Pemantau Volume dan Keasaman Nira Berbasis Mikrokontroler

**Commented [A35]:** perlu dijelaskan peran dari TDS sensor dalam sistem yang dibangun sudah diperbaiki, sensor TDS tdk dipakai



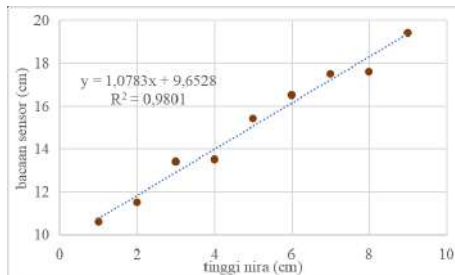
**Gambar 5.** Perangkat Sistem Pemantau Volume dan Keasaman Nira (dipasang di samping penampung)



**Gambar 6.** Instalasi Sensor Jarak dan Sensor pH Pada Penampung Nira yang Dipasang di Atas Pohon.

#### Pengukuran volume

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

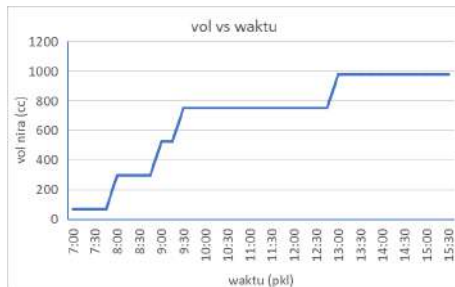


**Gambar 7.** Kalibrasi Sensor Pembaca Tinggi Nira Sebagai Dasar Penentuan Volume

Sensor tersebut memiliki rentang pengukuran 10-80 cm, dengan ketelitian 0,5cm (*Distance Sensor Comparison Guide - SparkFun Electronics*, n.d.; [html.alldatasheet.com](http://html.alldatasheet.com), n.d.)

Untuk mengukur volume nira secara otomatis, sistem ini membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor ultrasonik, seperti yang dilakukan (Farhamsa et al., 2017; 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 berdasar waktu yang digunakan oleh suara untuk kembali setelah pantulan. Jarak antara sensor tersebut sebesar setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim sampai diterima oleh rangkaian penerima. Karena sensor pada posisi tetap, yaitu di bibir ember, dan permukaan nira yang dijadikan media pantul berubah, maka dapat ditentukan ketinggian larutan tersebut di dalam wadah. Kemudian volume larutan dapat diperoleh dengan perkalian antara tinggi permukaan larutan dan luas permukaan larutan dalam wadah.

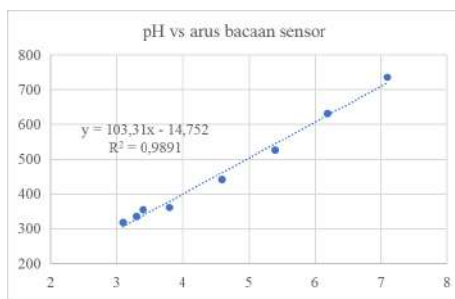
Gambar 8 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pada pukul 07.00 wib, dan diturunkan dari pohon oleh penyadap pada pukul 15.30. Perangkat diatur agar mengukur volume setiap 30 menit. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nira menetes cukup banyak pada pagi hari, antara pukul 07.30 - 09.30, dan pada siang antara pukul 13.30-14.00. Ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Dengan sistem pemantau ini, fenomena penetes nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya bisa digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.



**Gambar 8.** Hasil Pengukuran Volume Nira Oleh SPVAN Saat Penyadapan pada Pukul 07.00 - 15.30

### 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.

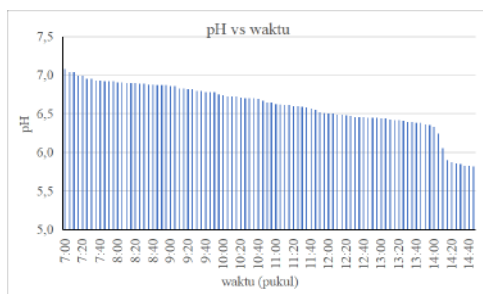
Tabel 1 memperlihatkan tingkat kesalahan pembacaan pengukur keasaman pada SPVAN ini. Dari beberapa pengujian tampak bahwa rerata *error* untuk semua tingkat pH, dari asam hingga basa = 0,7%. Meskipun dapat dikatakan ketepatannya > 99%, terdapat kecenderungan semakin besar pH, tingkat error semakin kecil.

**Tabel 1.** Uji Error Alat Pengukur pH

| no | pH Larutan | Bacaan | Rerata Error(%) |
|----|------------|--------|-----------------|
| 1  |            | 2      | 3               |

**Commented [A36]:** pada tabel terlihat bahwa terdapat volume awal saat pemasangan penampung (jam 7:00) sebesar 2300 cc. oleh karena itu perlu penjelasan terkait hal ini/volume apa yang terukur  
sdh diperbaiki, grafik diganti dg data yg pengukurannya mulai awal

|   |      |      |      |      |     |
|---|------|------|------|------|-----|
| 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 pada 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 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 8 memperlihatkan contoh hasil pengamatan tersebut. Data ini bisa diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diset untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes, pH nya normal ( $\pm 7$ ), 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 = 93%, sedangkan pembacaan pH= 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 bisa dipasang 2 sensor untuk mengatasi kesalahan karena posisi wadah yang miring.

## UCAPAN TERIMA KASIH

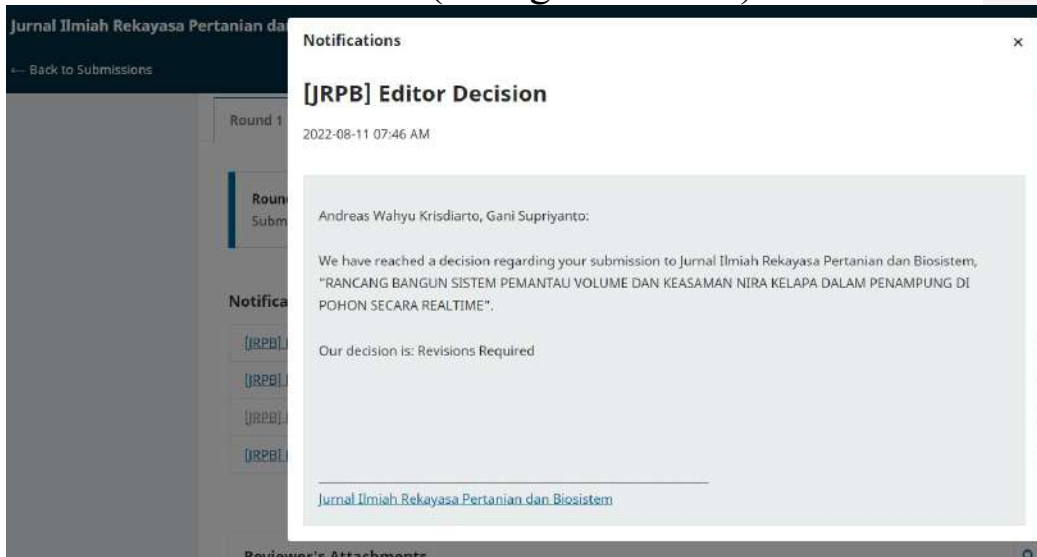
Penulis berterima kasih kepada Institut Pertanian Stiper Yogyakarta yang telah mendukung pendanaan penelitian, dan kelompok pengrajin gula kelapa “Sajeng Manis”, Pacitan yang telah menjadi sumber ide penelitian dan media pengujian.

#### DAFTAR REFERENSI

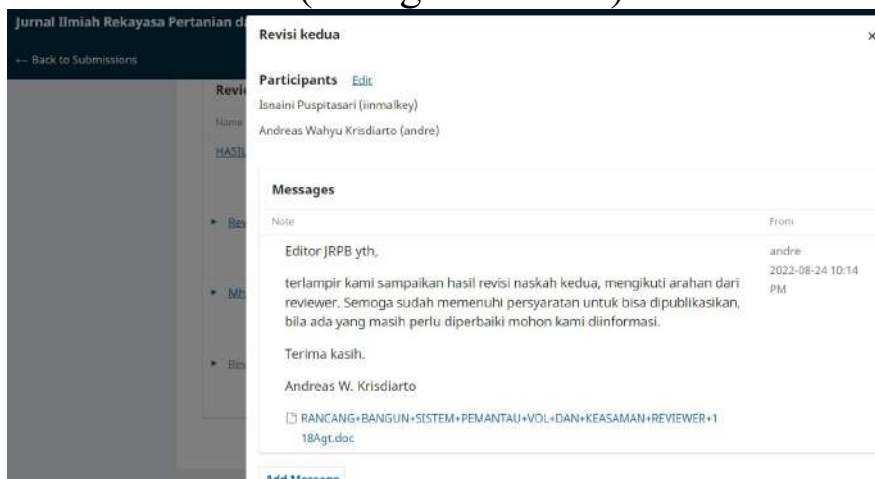
- Adisetya, E., & Krisdiarto, A. W. (2022). Preservative of Coconut Sap Shelf Life derived from Mangosteen Yellow. *JITIPARI*, 7(1), 59–67.
- Billy, M. M., & Krisdiarto, A. W. (2022). Penggunaan Persamaan Matematika Untuk Penimbang Berbasis Sensor Jarak Pada Alat Angkut TBS Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 10(1), 57–65. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v10i1.326>
- Distance Sensor Comparison Guide—SparkFun Electronics*. (n.d.). Retrieved August 5, 2022, from [https://www.sparkfun.com/distance\\_sensor\\_comparison\\_guide](https://www.sparkfun.com/distance_sensor_comparison_guide)
- Farhamsa, D., Mayusa, R. A., & Th.Musa, Moh. D. (2017). Alat ukur volume fluida cair berbasis mikrokontroler. *Gravitasi*, 15(1), 1–7.
- 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>
- [html.alldatasheet.com](http://html.alldatasheet.com/html-pdf/412635/SHARP/GP2Y0A21YK0F/799/5/GP2Y0A21YK0F.html). (n.d.). *GP2Y0A21YK0F Datasheet(5/9 Pages) SHARP | Distance Measuring Sensor Unit Measuring distance: 10 to 80 cm Analog output type*. Retrieved August 5, 2022, from <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/412635/SHARP/GP2Y0A21YK0F/799/5/GP2Y0A21YK0F.html>
- 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.
- Indonesia, Eksportir Utama Gula Kelapa*. (n.d.). Retrieved May 18, 2022, from [https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:\\$sim\\$:text=Kapasitas produksi gula 154%2C8,5-2 liter%2Fhari](https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:$sim$: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.
- Naufalin, R., & Yanto, T. (2012). Pengaruh Konsentrasi Ca(OH)<sub>2</sub>, Jenis Bahan Pengawet Alami dan Lama Simpan Terhadap Kualitas Nira Kelapa. *J. Pembangunan Pedesaan*, 12(2), 86–96.
- 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.



### 3. Bukti konfirmasi review dan hasil review kedua (11 Agustus 2022)



### 4. Bukti konfirmasi submit revisi kedua, respon kepada reviewer, dan artikel yang diresubmit (24 Agustus 2022)



## **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 dan Gani Supriyanto**

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

L-mail: [andre@instiperjogja.ac.id](mailto:andre@instiperjogja.ac.id) HP: 081 2155 6847

### **ABSTRACT**

*Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farming families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). Because the people who produce coconut sugar are low-level people and are carried out traditionally, it is often not optimal, including the quality. 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 makeshift containers (containers), so that the juice is dirty, contaminated with other materials, and added with rain water so that the sugar content drops. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system for the addition of sap and changes in its character is needed while in the reservoir. 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 are 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 devices (HP), 4) Testing the design results, both functional and external. The test shows that the design works well, can measure the volume and pH of the sap in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume = 93%, while pH = 99%. The device designed 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 from any device in real time.*

**Keywords:** coconut sap, monitoring system, volume, acidity.

### **ABSTRAK**

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dengan membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar namun rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Karena pelaku produksi gula kelapa masyarakat tingkat bawah dan dilakukan secara tradisional, seringkali hasilnya tidak optimum, termasuk mutunya. 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 kotor, terkontaminasi bahan lain, dan

tertambahi dengan air hujan sehingga kadar gula turun. Untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadap diperlukan sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakternya selama dalam tampungan. Naskah ini melaporkan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga bisa 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 bisa 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 = 93%, sedangkan pH= 99%. Perangkat hasil rancangan dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon bisa dipantau dari gawai dimanapun secara waktu nyata.

**Kata kunci:** keasaman, nira kelapa, sistem pemantau, 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 14.095 ton (senilai USD 18,402 juta) pada tahun 2012 menjadi sebanyak 35.578 ton (senilai USD 52,521 juta) pada tahun 2018.

Beberapa sentra gula kepala di Indonesia antara lain Kab Kulon Progo di DIY, Kab. Banyumas, Jawa Tengah, Kab. Pangandaran, Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan, Jawa Timur. Rendemen proses produksi gula  $\pm 20\%$ , 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 namun 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. Masyarakat perlu dibantu oleh pihak lain, seperti peneliti dengan sistem yang memungkinkan pemantauan nira saat disadap. Mutu gula diawali dari mutu nira kelapa yang disadap (Indahyanti et al., 2014); (Naufalin & Yanto, 2012). Nira kelapa merupakan bahan baku pembuatan gula kelapa. Sifat nira kelapa mudah mengalami fermentasi karena kandungan nutrisinya merupakan substrat yang baik bagi pertumbuhan mikroba. (Haryanti et al., 2019) menyatakan bahwa pada kondisi baik, nira saat disadap memiliki pH 6,7. Karena kandungan nutrisinya yang tinggi, nira mudah terfermentasi. Fermentasi terjadi selama proses penyadapan hingga saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan pemberian bahan pengawet atau laru pada proses penyadapan dengan konsentrasi

**Commented [A37]:** Perhatikan penulisan sdh diperbaiki

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 bisa ditambah air hujan, sehingga kadar gula turun (lihat Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang/*losses*, dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat. Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (lihat 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, atau semacam di dalam 'black box', sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Karena itu, dibutuhkan instrumen yang bisa mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



**Gambar 1.** Penampung nira kelapa



**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. Bila proses ini dipantau secara berkala, dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang memiliki sistem pemantau secara otomatis.

## Tujuan

Naskah ini bertujuan melaporkan :

15. Perancangan model sistem pemantau volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara 'real time', berbasis mikrokontroler.
16. Mendapatkan hasil uji prototipe SPVAN, sehingga dapat menyediakan alat bantu pemantau volume dan keasaman (pH) nira selama proses penyadapan di pohon kelapa.

**Commented [A38]:** lebih baik diganti dengan "volume dan keasaman (pH)" karena pada judul artikel, grafik, tampilan smartphone, maupun kesimpulan tidak ada tertulis kata mutu. Sudah diganti sesuai arahan reviewer

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada perancangan yaitu gelas ukur, mikrokontroler Arduino AT Mega 2560, sensor jarak infra red sharp gp2y0a21, sensor pH Pro Kit V2 DFRobot, dan transmitter Modul SIM900 GPRS. Adapun bahan yang menjadi obyek yaitu mayang pohon kelapa dan niranya.

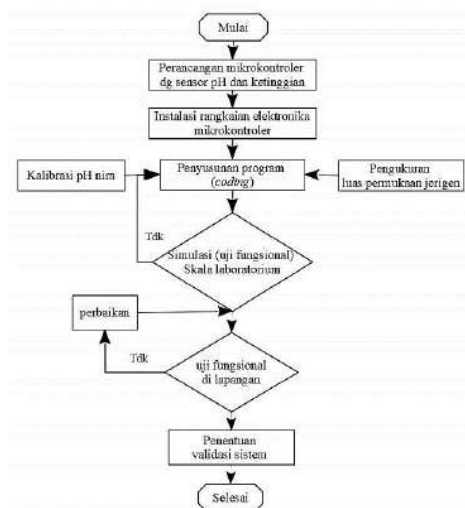
### Metode

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

22. Perancangan sistem pantau pH dan volume nira. Perancangan meliputi bagian *hardware* (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor dan pengirim data) dan *software (coding)*. Di tahapan ini diperlukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, sehingga digunakan analisa regresi korelasi;
23. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan uji fungsional di laboratorium.
24. Instalasi, uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan.

### Pengembangan Model SPVAN

Model/prototipe SPVAN dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Proses Pengembangan SPVAN

### Rancang bangun Sistem

Sistem SPVAN ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560. Pembacaan

parameter volume memanfaatkan sensor jarak berbasis inframerah, sedangkan parameter keasaman dengan sensor pH. Volume nira didapatkan dengan konversi dari pengukuran tinggi permukaan nira oleh sensor jarak dengan rumus (1) berikut:

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

dimana:

V = volume nira tertampung

$\pi$  = konstanta

r = jari2 permukaan penampung

t = tinggi permukaan nira

= 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 sudah mengirimkan data 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 2 tahap. Tahap pertama alat diuji fungsional di laboratorium, disimulasi menggunakan nira sebanyak 2 lt, 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 eror 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. Kemudian 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 sesungguhnya nira, yang diukur dengan gelas ukur dan kertas lakmus (pHmeter). Hal ini untuk mendapatkan derajat ketepatan antara hasil bacaan sistem dengan data riil obyek penelitian (Validitas). Penghitungan validitas menggunakan analisis statistik Product Moment Pearson. Sistem dikatakan baik jika validitas pembacaan >90%. Tingkat validitas ini menentukan keyakinan kebenaran bacaan sistem atas obyek yang diamati, yakni nira kelapa selama penyadapan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa penelitian rancang bangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain oleh (Farhamsa et al., 2017; Fikri et al., 2015; Kapiudin et al., 2019; Rahmanto et al., 2020) Hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada berbagai kebutuhan. Perangkat hasil rancang bangun yang dilaporkan ini dipasang pada wadah

**Commented [A39]:** Mana yang benar apakah Sensor jarak yang digunakan berbasis ultrasonik atau berbasis Cahaya Infrared seperti tertulis pada alat dan bahan ?  
Yg benar sensor inframerah, sudah diperbaiki

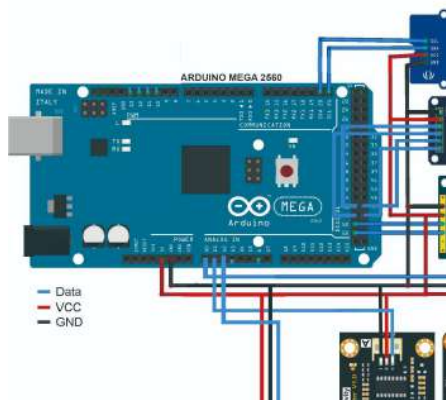
berupa ember yang digunakan untuk menampung nira sadapan dari mayang bunga kelapa di atas pohon (Gambar 6). Koneksi sensor jarak dan sensor pH dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.

### Model Fisik SPVAN

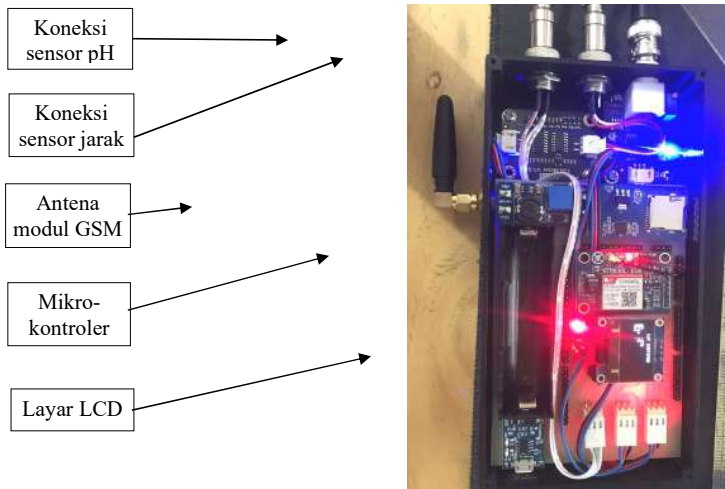
Model fisik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah sensor jarak infra red sharp gp2y0a21, mengacu ke (Azhari et al., 2014; Mohammad, 2009), yang menyatakan bahwa sensor infra merah memberikan ketepatan cukup baik. Dari sisi biaya, penggunaan sensor infra merah juga lebih murah (Pribadi & Haryono, 2011; “Ultrasonic vs Infrared (IR) Sensors - Which Is Better?,” 2017) Bacaan sensor yang dalam satuan cm ini akan dikonversi oleh mikrokontroler Arduino menjadi volume nira (lt). Secara fisik model SPVAN yang dikembangkan tersaji pada Gambar 5.

**Commented [A40]:** jenis sensor jarak yang digunakan pada penelitian ini HC-SR04 (ultrasonik) atau gp2y0a21 (Infrared) ?

Yg benar sensor inframerah. Isi naskah sdh direvisi disesuaikan



**Gambar 4.** Skema rangkaian elektronik perangkat pemantau volume dan keasaman nira berbasis mikrokontroler



**Gambar 5.** Perangkat sistem pemantau volume dan keasaman nira (dipasang di samping penampung)



**Gambar 6.** Instalasi sensor jarak dan sensor pH pada penampung nira yang dipasang di atas pohon.



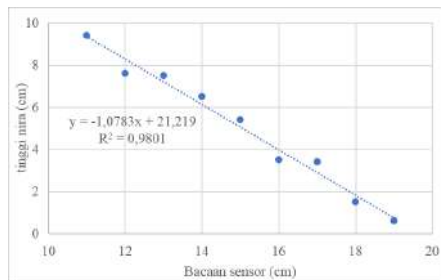
**Commented [A41]:** kenapa wadah nira yang terpasang di atas pohon kelapa terlihat seperti tidak utuh ?. Photo pemasangan sistem diatas pohon tidak harus close up. Photo yang pengambilannya dari bawah juga tidak apa apa. Yang penting bisa menunjukkan sistem tersebut benar sudah diuji secara riil pada pohon kelapa (karena dalam uraian dinyatakan sistem telah diuji secara riil pada pohon kelapa). Wadah bukan terpotong tetapi keterbatasan area foto (sambil naik di atas pohon), gambar ditambah dg tampak atas utk melengkapi

**Commented [A42]:** Satuan Volume pada tampilan ini perlu dituliskan  
Sudah ditambahkan

**Gambar 7.** Tampilan hasil pengukuran pada layar smartphone, satuan volume= ml (dengan aplikasi Blynk)

### Pengukuran volume

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

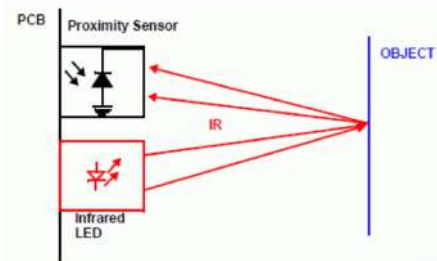


**Gambar 7.** Kalibrasi sensor pembaca tinggi nira sebagai dasar penentuan volume

Sensor tersebut memiliki rentang pengukuran 10-80 cm, dengan ketelitian 0,5cm (*Distance Sensor Comparison Guide - SparkFun Electronics, n.d.; [html.alldatasheet.com](http://html.alldatasheet.com), n.d.*). Karena sensor memiliki rentang bacaan yang baik mulai dari 10 cm, penempatan sensor ditambah 10 cm dari permukaan nira. Rentang tinggi nira diperkirakan antara 10-20 cm berdasarkan pengamatan rata-rata tinggi nira dalam wadah hasil penyadapan di lokasi penelitian. Untuk mengukur volume nira secara otomatis, sistem ini membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor inframerah, seperti yang dilakukan (Lusi et al., 2018; Mawaddah, 2021).

Sensor inframerah bekerja berdasarkan pantulan gelombang cahaya. Cahaya inframerah yang dihasilkan oleh LED dan dipantulkan oleh obyek diterima oleh *position sensitive detector* (PSD) dirubah menjadi energi listrik yang digunakan untuk menghitung perkiraan jarak antara sensor dan objek. (lihat Gambar 8) (Yunardi, 2017).

Karena sensor pada posisi tetap, yaitu di bibir ember, dan permukaan nira yang dijadikan media pantul berubah, maka dapat ditentukan ketinggian larutan tersebut di dalam wadah. Kemudian volume larutan dapat diperoleh dengan perkalian antara tinggi permukaan larutan dan luas permukaan larutan dalam wadah.



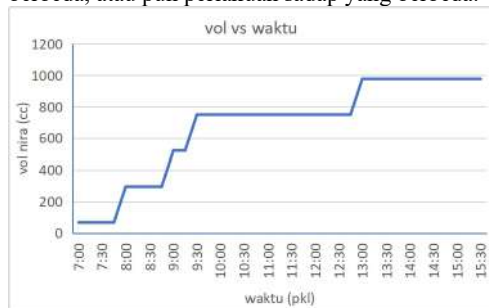
**Gambar 8.** Prinsip kerja Sensor Infra merah

**Commented [A43]:** Untuk mendapatkan persamaan kalibrasi biasanya sumbu datarnya adalah nilai pembacaan sensor dan sumbu tegaknya adalah nilai ketinggian nira dalam wadah karena nilai yang didapat oleh sistem monitoring adalah nilai pembacaan sensor.  
Grafik sudah diperbaiki mengikuti arahan reviewer

**Commented [A44]:** Yang perlu ditulis disini bukan nilai rentang pengukuran sensor yang diperoleh dari datasheet tetapi rentang pengukuran ketinggian nira dalam wadah penampungan hasil kalibrasi yang dilakukan seperti pada Gambar 7. Kalau grafik kalibrasinya seperti itu berarti rentang pengukuran ketinggian nira dari sensor yang digunakan adalah 1 cm sampai 9 cm (sensor tidak valid untuk mengukur nilai diluar rentang itu). ketelitian sensor bisa saja diambil dari datasheet yaitu 0,5 cm.  
Sudah diperbaiki dg penjelasan seting penempatan sensor agar sesuai dg rentang bacannya

**Commented [A45]:** Menggunakan ultrasonik atau Infrared ?. Yang tertulis pada sub-bab alat dan bahan (dan juga pada Gambar 4) adalah infrared gp2y0a21. Pada uraian perlu disesuaikan dengan karakteristik sensor tersebut (bukan karakteristik ultrasonik, karena sinar infrared itu bukan ultrasonik).  
Sudah dirubah/diperbaiki

Gambar 9 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pada pukul 07.00 wib, 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. Ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Dengan sistem pemantau ini, fenomena penetes nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya bisa digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.



**Gambar 9.** Hasil pengukuran volume nira oleh SPVAN saat penyadapan antara pukul 07.00 - 15.30

**Commented [A46]:** Sistem monitoring dipasang mulai pukul 7:00 mengapa pada pukul 7 tersebut sudah ada nira sebanyak 2300 CC ?, perlu dijelaskan !. Perlu diberi garis skala pada sumbu datarnya sehingga jelas posisi dari setiap angka pada grafik.  
Grafik sudah diperbarui dg data yg lbh benar

### Pengukuran keasaman

Tingkat keasaman suatu larutan didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H<sup>+</sup>) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut.

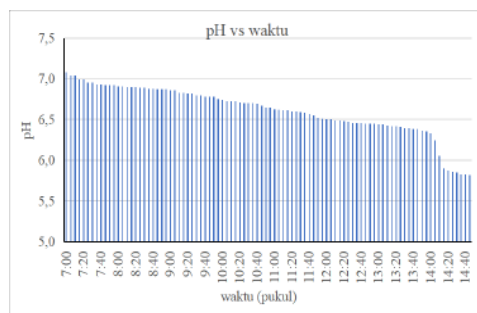
Secara elektronik, pH meter merupakan satu alat laboratorium yang berfungsi untuk mengukur dan mengetahui pH dengan menggunakan elektroda yang akan menampilkan hasil pengukuran (Ihsanto & Hidayat, 2014). Penelitian ini memanfaatkan sensor pH yang sudah tersedia di lapangan untuk mengukur tingkat keasaman 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 = 0,7%. Meskipun dapat dikatakan ketepatannya > 99%, terdapat kecenderungan semakin besar pH, tingkat error semakin kecil.

**Tabel 1.** Uji Error Alat Pengukur pH

| n<br>o | Jns<br>larutan | pH   | Bacaan alat |      |      | Rerata<br>Error<br>(%) |
|--------|----------------|------|-------------|------|------|------------------------|
|        |                |      | 1           | 2    | 3    |                        |
| 1      | nira           | 4,01 | 3,95        | 3,99 | 3,90 | 1,5                    |
| 2      | Air<br>sumur   | 6,86 | 6,78        | 6,95 | 6,70 | 0,5                    |
| 3      | alkohol        | 9,18 | 9,10        | 9,05 | 9,10 | 0,1                    |

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 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.



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

Data ini bisa diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diset untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes, pH nya normal ( $\pm 7$ ), kemudian menurun, dan terlihat penurunan pH cenderung tajam di akhir periode. Hal ini karena fermentasi disebabkan terutama oleh bakteri (Bulu et al., 2019) yang pertumbuhannya bersifat eksponensial, sehingga pada periode tertentu menyebabkan peningkatan keasaman yang cepat (*The Bacterial Growth Curve and the Factors Affecting Microbial Growth*, n.d.). Unjuk kerja sensor pH pada sistem ini terlihat cukup stabil selama periode penderesan, yaitu 8-12 jam. 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 = 93%, sedangkan pembacaan pH= 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 bisa 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.
- Azhari, ., Jumarang, M. I., & Muid, A. (2014). Pembuatan Prototipe Alat Ukur Ketinggian Air Laut Menggunakan Sensor Inframerah Berbasis Mikrokontroler Atmega328. *POSITRON*, 4(2), 64–70. <https://doi.org/10.26418/positron.v4i2.8729>
- Bulu, S., Ledo, M. E. S., & Rupidara, A. D. N. (2019). Identifikasi Bakteri Asam Laktat Pada Nira Segar Lontar (*Borassus flabellifer* Linn). *Jambura*, 1(2), 47–52.
- Distance Sensor Comparison Guide—SparkFun Electronics*. (n.d.). Retrieved August 5, 2022, from [https://www.sparkfun.com/distance\\_sensor\\_comparison\\_guide](https://www.sparkfun.com/distance_sensor_comparison_guide)
- Farhamsa, D., Mayusa, R. A., & Th.Musa, Moh. D. (2017). Alat ukur volume fluida cair berbasis mikrokontroler. *Gravitasi*, 15(1), 1–7.
- 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>
- Haryanti, P., Supriyadi, S., Marseno, D. W., & Santoso, U. (2019). Effects of Different Weather Conditions and Addition of Mangosteen Peel Powder on Chemical Properties and Antioxidant Activity of Coconut Sap. *AgriTECH*, 38(3), 295. <https://doi.org/10.22146/agritech.29844>
- html.alldatasheet.com. (n.d.). *GP2Y0A21YK0F Datasheet(5/9 Pages) SHARP | Distance Measuring Sensor Unit Measuring distance: 10 to 80 cm Analog output type*. Retrieved August 5, 2022, from <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/412635/SHARP/GP2Y0A21YK0F/799/5/GP2Y0A21YK0F.html>
- 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.
- Indonesia, Eksportir Utama Gula Kelapa*. (n.d.). Retrieved May 18, 2022, from [https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:\\$\sim\\$:text=Kapasitas produksi gula 154%2C8,5-2 liter%2Fhari](https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:$\sim$: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.

Lusi, V. M. M., Warsito, A., & Louk, A. C. (2018). Sistem Pengukuran Indeks Massa Tubuh Menggunakan Sensor Jarak Infra Merah dan Load cell. *Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(1), 43–48. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i1.593>

Mawaddah, I. (2021). Rancang Bangun Prototype Alat Pengukur Jarak Vertikal dan Horizontal Berbasis Infra red dan Roda. *Jurnal J-Innovation*, 10(1), 30–33.

Mohammad, T. (2009). *Using Ultrasonic and Infrared Sensors for Distance Measurement*. 3(3), 6.

Naufalin, R., & Yanto, T. (2012). Pengaruh Konsentrasi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , Jenis Bahan Pengawet Alami dan Lama Simpan Terhadap Kualitas Nira Kelapa. *J. Pembangunan Pedesaan*, 12(2), 86–96.

Pribadi, F. S., & Haryono, S. (2011). Rancang bangun Alat Ukur Ketinggian Lompatan dengan Sensor Infra Merah. *Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 20–25.

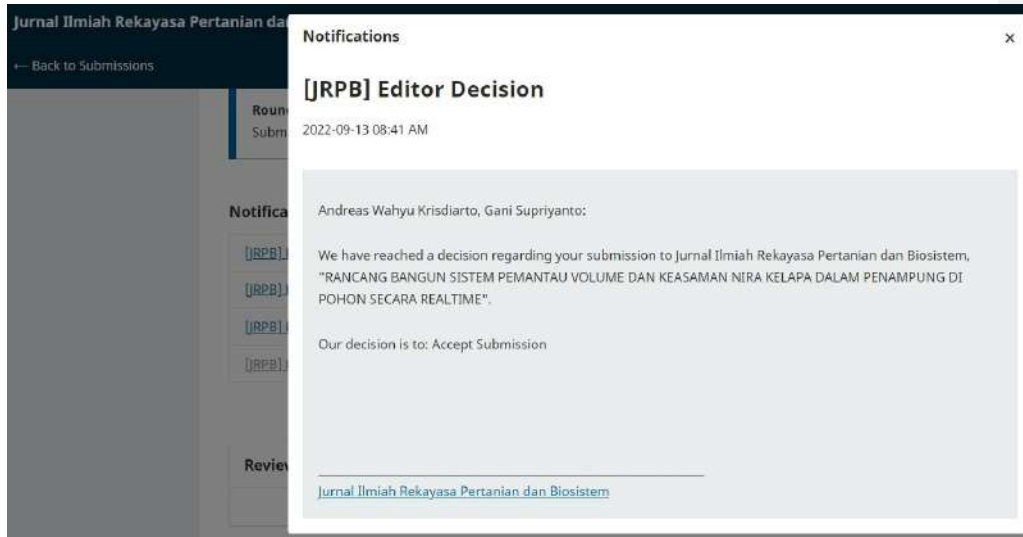
Rahmanto, Y., Rifaini, A., Samsugi, S., & Riskiono, S. D. (2020). Sistem Monitoring pH Air pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 23–28. <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.711>

*The Bacterial Growth Curve and the Factors Affecting Microbial Growth*. (n.d.). ThoughtCo. Retrieved August 4, 2022, from <https://www.thoughtco.com/bacterial-growth-curve-phases-4172692>

Ultrasonic vs Infrared (IR) Sensors—Which is better? (2017, November 27). *MaxBotix Inc*. <https://www.maxbotix.com/articles/ultrasonic-or-infrared-sensors.htm>

Yunardi, R. T. (2017). Analisa Kinerja Sensor Inframerah dan untuk Sistem Pengukuran Jarak pada Mobile Robot Inspection. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 6(1), 33–41. <https://doi.org/10.36055/setrum.v6i1.1583>

## 5. Bukti Penerimaan Revisi (13 September 2022)



## 5. Bukti editing final (proof reading dan file) (19 September 2022)

Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem

← Back to Submissions

420 / Krisdi

Workflow

Submis

Copy

420 / Krisdi

Workflow

Submis

Copy

420 / Krisdi

Workflow

Submis

Copy

Copyedit Article (Proofread)

Participants

Ida Ayu Widhiyanti (dayutari)

Andreas Wahyu Krisdiarto (andre)

Messages

| Note                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | From                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Yth, Penulis,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | dayutari            |
| Draft artikel ilmiah yang akan dipubli sh di JRPB Vol 10 No 2 September 2022 telah memasuki tahap akhir. Oleh karena itu, beberapa catatan penting perlu kami infokan sebagai berikut:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2022-09-19 10:14 AM |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Harap mengecek artikel 420_proofread (mulai dari nama penulis, isi, penulisan sitasi, daftar pustaka dan kesalahan pengetikan) dan memperbaiki kembali artikel terlampir sesuai komentar yang diberikan pada artikel.</li><li>2. Kami informasikan bahwa setelah dipublikasikan, perbaikan pada artikel tidak dapat dilakukan karena dapat merubah metadata artikel.</li><li>3. Form CTA (Copyright Transfer Agreement) terlampir harap dilengkapi dan ditandatangani oleh penulis utama sebagai perwakilan seluruh penulis yang namanya tercantum pada artikel.</li><li>4. Penulis diharapkan dapat mengirimkan biaya penerbitan artikel sejumlah Rp 750.000 ke rekening Bank Syariah Indonesia No Rek 7165928114 an Diah Ajeng Setiawati.</li><li>5. Artikel yang telah diperbaiki beserta form CTA dan bukti transfer harap dikirimkan maksimal 22 September 2022.</li></ol> |                     |
| <div><div>420_proofread_1.doc</div><div>Copyright+Transfer+Agreement+Form-JRPB.docx</div></div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                     |
| <div>Editor JRPB yth,</div> <div>Terima kasih atas fasilitasnya shg naskah kami dapat dipublikasikan di Jurnal JRPB . Terlampir kami kirimkan:</div> <div><ol style="list-style-type: none"><li>1. Naskah proofreading yg sdh kami revisi mengacu ke masukan2 editor</li><li>2. CTA yg telah kami tdtngani</li><li>3. Bukti transfer biaya penerbitan</li></ol><div>Demikian, terima kasih dan salam,</div><div>Andreas W. Krisdiarto</div><div>Instiprer Yogyakarta</div><div><div>420_proofread_1.doc</div><div>copyright+trnsfer agreement-Andreas.pdf</div><div>flp-biaya publikasi.jpg</div></div></div> <div>andre</div> <div>2022-09-20 08:10 PM</div>                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |

Add Message

## 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

M-mail\*: [andre@instiperjogja.ac.id](mailto:andre@instiperjogja.ac.id) HP: 081 2155 6847

### ABSTRACT

*Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farming families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). Because the people who produce coconut sugar are low-level people and are carried out traditionally, it is often not optimal, including the quality. 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 makeshift containers (containers), so that the juice is dirty, contaminated with other materials, and added with rain water so that the sugar content drops. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system for the addition of sap and changes in its character is needed while in the reservoir. 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 are 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 devices (HP), 4) Testing the design results, both functional and external. The test shows that the design works well, can measure the volume and pH of the sap in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume = 93%, while pH = 99%. The device designed 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 from any device in real time.*

**Keywords:** coconut sap, monitoring system, volume, acidity.

### ABSTRAK

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dengan membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar namun rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Hasil produksi gula kelapa, termasuk mutunya, sering kurang optimal karena pelakunya masyarakat kurang teredukasi dan 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 kotor, terkontaminasi bahan lain, dan

**Commented [A47]:** Harap penulisan mengikuti template Sdh disesuaikan

**Commented [A48]:** Gunakan kalimat yang baku Sdh diperbaiki

terkontaminasi dengan air hujan sehingga kadar gula turun. Supaya volume dan mutu hasil sadapan lebih optimal, maka diperlukan sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakternya selama dalam tampungan. Naskah ini melaporkan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga bisa 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 bisa 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 = 93%, sedangkan pH= 99%. Perangkat hasil rancangan dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon bisa dipantau dari gawai dimanapun secara waktu nyata.

**Kata kunci:** keasaman, nira kelapa, sistem pemantau, volume

**Commented [A49]:** Tidak diakhiri titik  
[Sdh dihapus](#)

## 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 yang sebesar 14.095 ton (senilai USD18,402 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, Jawa Tengah, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan, Jawa Timur. Rendeman proses produksi gula  $\pm 20\%$ , 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 namun 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 hingga saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka 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 bisa terkontaminasi air hujan, sehingga kadar gula turun (lihat Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang/losses, dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat. Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (lihat 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, atau semacam di dalam 'black box', sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Karena itu, dibutuhkan instrumen yang bisa mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



Gambar 1. Penampung nira kelapa

Commented [A50]: Tidak disingkat  
sdh diperbaiki

Commented [A51]: sama

Commented [A52]: Bukan subjek, jangan letakkan di  
depan kalimat  
Sudah ditambahkan koma utk mengikuti aturan bhs Indonesia



**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. Bila proses ini dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang sekaligus memiliki sistem pemantau secara otomatis.

### Tujuan

Naskah ini bertujuan melaporkan:

17. Perancangan model sistem pemantau volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara *'real time'*, berbasis mikrokontroler.
18. Mendapatkan hasil uji 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 yaitu gelas ukur, pH meter, mikrokontroler Arduino AT Mega 2560, sensor jarak HC-SR04, sensor pH Pro Kit V2 DFRobot, dan transmiter Modul SIM900 GPRS, dan telepon pintar (*smartphone*). Adapun bahan yang menjadi obyek yaitu mayang pohon kelapa dan niranya. Adapun bahan yang menjadi objek

**Commented [A53]:** Sebutkan jenis sensor yg digunakan  
Sudah dilengkapi, kalimat sdh diperbaiki

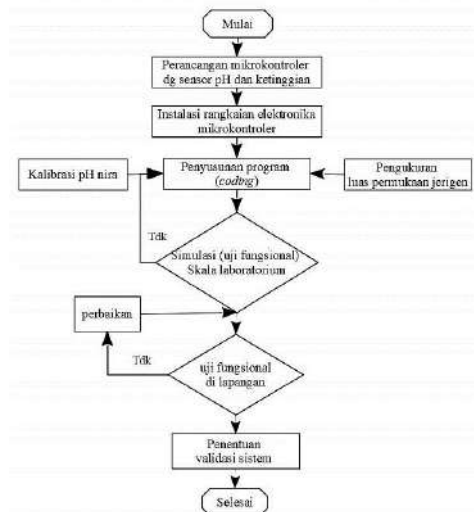
#### Metode

Perangkat sistem yang dirancang ditujukan untuk membaca parameter volume dan keasaman nira, 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:

25. Perancangan sistem pantau pH dan volume nira. Perancangan meliputi bagian *hardware* (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor, dan pengirim data) dan *software (coding)*. Di tahapan ini diperlukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, sehingga digunakan analisa regresi korelasi (Billy & Krisdiarto, 2022);
26. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan uji fungsional di laboratorium.
27. Instalasi, uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan.

#### Pengembangan Model SPVAN

Model/prototipe SPVAN dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 3



**Gambar 3.** Proses Pengembangan

berikut:  
SPVAN

### Rancang bangun Sistem

Sistem SPVAN ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 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 (1) berikut:

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

dimana:

V = volume nira tertampung

$\pi$  = konstanta

r = jari2 permukaan penampung

t = tinggi permukaan nira

= 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 sudah mengirimkan data 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 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

**Commented [A54]:** Tuliskan penulisan satuan liter yang benar  
Sdh diperbaiki

eror 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 kertas lakmus (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, yakni nira kelapa selama penyadapan.

**Commented [A55]:** Masukkan di bagian alat penelitian  
Sdh ditambahkan di alat

**Commented [A56]:** Spasi  
Sdh diperbaiki

**Commented [A57]:** gunakan kata yg baku  
sdh diperbaiki

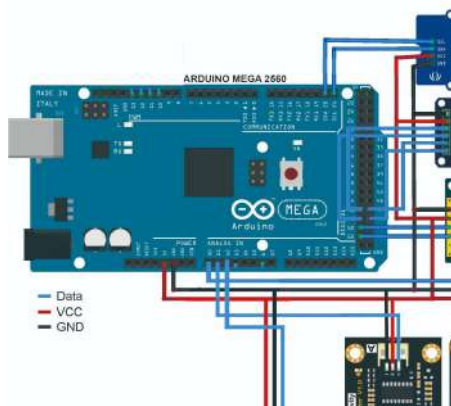
**Commented [A58]:** sama

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa penelitian rancang bangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain oleh (Farhamsa et al., 2016; Fikri et al., 2015; Kapiudin et al., 2019; Rahmanto et al., 2020). Hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada berbagai kebutuhan. 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 6). Koneksi sensor jarak dan sensor pH dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.

### Model Fisik SPVAN

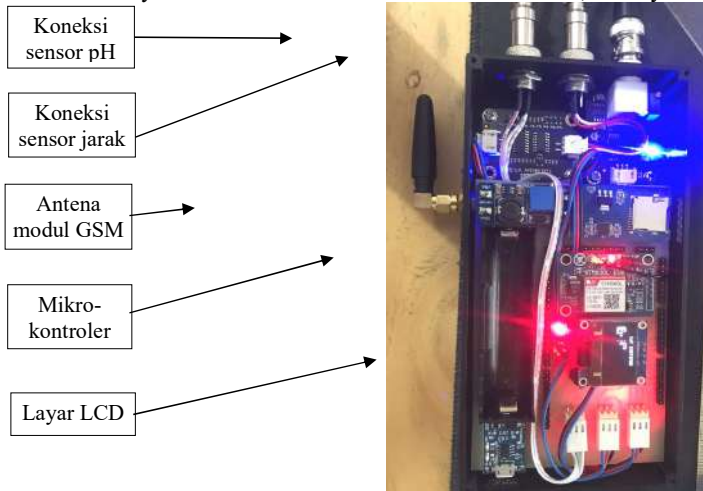
Model fisik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah HC-SR04, mengacu ke (Hidayanto & Winarno, 2016) yang menyatakan bahwa sensor jarak memiliki kelebihan pantulan gelombang suara yang dipancarkan *trig* sangat cepat dan ditangkap oleh *echo* dalam *port* yang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



**Gambar 4.** Skema rangkaian elektronik perangkat pemantau volume dan keasaman nira berbasis mikrokontroler

### Pengukuran volume

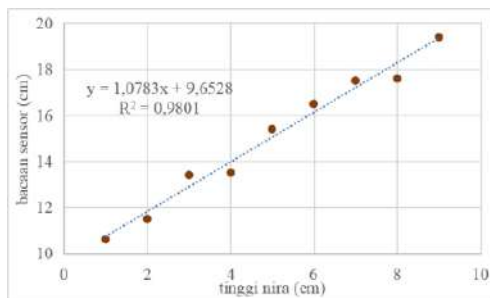
Sebelum digunakan untuk mengukur volume nira di dalam penampung pada kondisi sebenarnya dilakukan kalibrasi bacaan sensor tersebut, hasilnya tersaji pada Gambar 7.



**Gambar 5.** Perangkat sistem pemantau volume dan keasaman nira (dipasang di samping penampung)



**Gambar 6.** Instalasi sensor jarak dan sensor pH pada penampung nira yang dipasang di atas pohon.



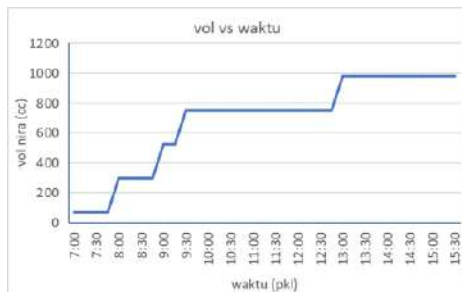
**Gambar 7.** Kalibrasi Sensor Pembaca Tinggi Nira Sebagai Dasar Penentuan Volume

Sistem ini membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur volume nira secara otomatis, seperti yang dilakukan (Farhamsa, *et al.*, 2017; 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

**Commented [A59]:** sebaiknya tidak diawal kalimat  
Sudah diperbaiki

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.

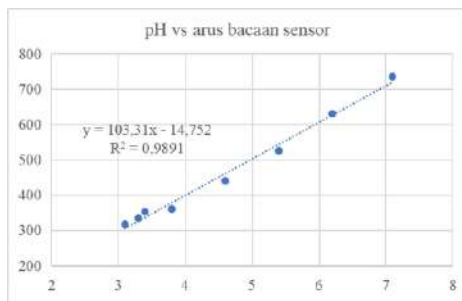
Gambar 8 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pada pukul 07.00 wib, dan diturunkan dari pohon oleh penyadap pada pukul 15.30. Perangkat diatur agar mengukur volume setiap 30 menit. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nira menetes cukup banyak pada pagi hari, antara pukul 07.30 - 09.30, dan pada siang antara pukul 13.30-14.00. Hal ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Sistem pemantau ini memungkinkan fenomena penetes nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya bisa digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.



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

### 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

**Commented [A60]:** Berdasarkan Sdh diperbaiki

**Commented [A61]:** apakah ada data yg ingin diberikan disini?  
kalimat sdh diperbaiki shg arti lbh jelas

**Commented [A62]:** Tidak diawal kalimat kalimat sudah diperbaiki

**Commented [A63]:** sebaiknya tidak diawal kalimat sudah diperbaiki

**Commented [A64]:** sebaiknya tidak diawal kalimat Sdh diperbaiki dg subyek kalimat

**Commented [A65]:** Bukan subjek. jangan letakkan di depan kalimat sudah diperbaiki

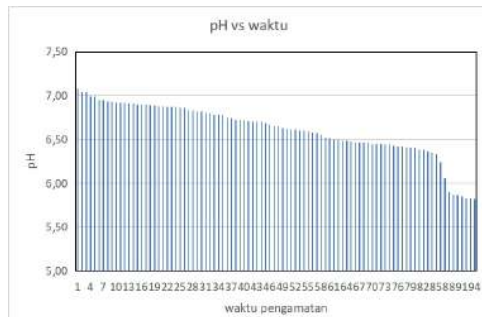
hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut.

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 = 0,7%. Meskipun dapat dikatakan ketepatannya > 99%, terdapat kecenderungan semakin besar pH, tingkat *error* semakin kecil.

Tabel 1. Uji Error Alat Pengukur pH

| no | pH<br>Larutan | Bacaan |      |      | Rerata<br>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 bisa diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diset untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes, pH nya normal ( $\pm 7$ ), 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 = 93%, sedangkan pembacaan pH= 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 bisa 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, Eksportir Utama Gula Kelapa. (n.d.). Retrieved May 18, 2022, from [https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:\\$sim\\$:text=Kapasitas produksi gula 154%2C8,5-2 liter%2Fhari](https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:$sim$: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>

## 9. Bukti Penerimaan (*Acceptance*) (28 September 2022)



FAKULTAS TEKNOLOGI PANGAN DAN AGROINDUSTRI UNIVERSITAS MATARAM  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
**JURNAL ILMIAH REKAYASA PERTANIAN DAN BIOSISTEM**  
Jalan Majapahit No.62 Mataram, NTB 83125 .Tlp. : (0370) 649879;  
Email : [jrp\\_b\\_pstep@unram.ac.id](mailto:jrp_b_pstep@unram.ac.id); Website : [http://jrp\\_b.unram.ac.id/index.php/jrp\\_b](http://jrp_b.unram.ac.id/index.php/jrp_b)

**TANDA TERIMA ARTIKEL**  
Nomor : 04/UN18.F10/JRPB/IX/2022

Dengan hormat,  
Kami informasikan bahwa artikel bapak/ibu/saudara dengan nomor 420:

**Andreas Wahyu Krisdiarto, Gani Supriyanto**

dengan judul :

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

Telah kami terima dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku pada Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem. Segala keputusan yang berkaitan dengan artikel yang telah bapak/ibu/saudara kirim akan kami informasikan kembali.

Kami mohon maaf, artikel yang telah dikirim tidak dapat dikembalikan kecuali ada permintaan khusus dari penulis.

Atas perhatian dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Mataram, 28 September 2022  
Ketua Penyunting JRPB,

Ida Ayu Widhiantari, S.TP.,M.P.

**Commented [A66]:** Lengkapi dengan doi sudah dilengkapi

**Commented [A67]:** Cek penulisan yg benar sudah diperiksa ulang dan diperbaiki

10. Bukti konfirmasi artikel published online  
(28 September 2022)

Jurnal Ilmiah REKAYASA PERTANIAN DAN BIOSISTEM

andri g.

HOME CURRENT ARCHIVES ANNOUNCEMENTS ABOUT

SEARCH

HOME ARCHIVES VOL. 10 NO. 2 (2022) JURNAL ILMIAH REKAYASA PERTANIAN DAN BIOSISTEM Article

[Make Submission](#)

[Article Template](#)

[OJS Article Management](#)

[Article Processing](#)

## Rancang Bangun Sistem Pemantau Volume dan Keasaman Nira Kelapa dalam Penampung di Pohon Secara Realtime

Andreas Wahyu Kridiarto, Gani Supriyanto

DOI: 10.29303/jrpt.v10i2.430

Published: 2022-09-28

Issue: Vol. 10 No. 2 (2022): Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem

Keywords: keasaman, nira kelapa, sistem pemantauan, volume

### ARTICLES

### DOWNLOADS

| Bulan | Jumlah Download |
|-------|-----------------|
| Juli  | 12              |
| Agus  | 10              |
| Sept  | 8               |
| Okt   | 15              |
| Nov   | 12              |
| Dik   | 18              |
| Epr   | 10              |
| Mai   | 15              |
| Juni  | 12              |
| Juli  | 18              |
| Agus  | 22              |
| Sept  | 15              |

[PDF \(BAHASA INDONESIA\)](#)

|     |     |                         |
|-----|-----|-------------------------|
| 1   | 1   | Total citation          |
| 1   | 1   | Recent citation         |
| m/e | n/a | Field Citation Ratio    |
| m/e | n/a | Relative Citation Ratio |

### HOW TO CITE

Kridiarto, A. W., & Supriyanto, G. (2022). Rancang Bangun Sistem Pemantau Volume dan Keasaman Nira Kelapa dalam Penampung di Pohon Secara Realtime. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 10(2), 193–202. <https://doi.org/10.29303/jrpt.v10i2.430>

[More Citation Formats](#)

[Abstract](#) [References](#) [License](#)

[Abstract](#) [References](#) [License](#)

### ABSTRACT

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 dinilai dari mutu nira kelapa yang didapat. 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 tampanung diperlukan untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadapan. Penelitian ini melakukan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penampungan, sehingga dapat digunakan untuk menganalisis 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 pemantau volume dan pH dalam penampung dengan mikrokontroler, yang dapat mengirim data ke gawai (HP), (3) menguji hasil rancangan, baik fungsional maupun kuantitas. 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.

[Home](#)

[Editorial Board](#)

[Peer Review](#)

[Reviewer](#)

[Author Guidelines](#)

[Focus and Scope](#)

[Publication Ethics](#)

[Submission Fee](#)

[Processing Charges](#)

[Plagiarism Check](#)

[Open Access Policy](#)

[Copyright & Licensing](#)

[Visitor Statistic](#)

[Journal Accreditation](#)

[Visitor Statistic](#)

[Journal Accreditation](#)

### ACCREDITATION

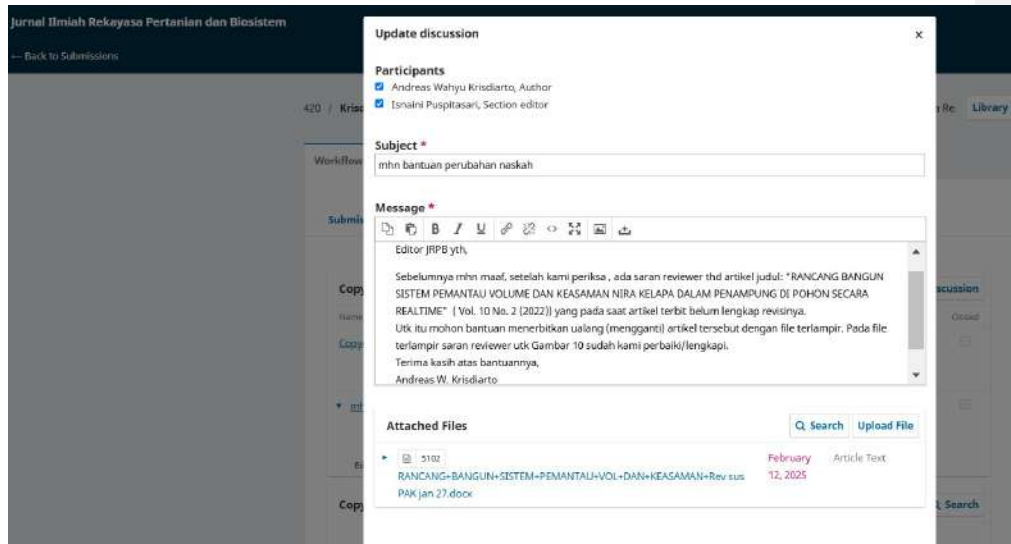
### VISITOR COUNTER

[Flag Counter](#)

[Hit Counter View My Stats](#)

### CROSSREF

## 11. Bukti korespondensi Perbaikan Susulan dan artikel revisi (12 Februari 2025)



## **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 dan Gani Supriyanto**

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

E-mail: [andre@instiperjogja.ac.id](mailto:andre@instiperjogja.ac.id) HP: 081 2155 6847

### **ABSTRACT**

*Coconut sugar is a product that provides considerable economic value to the community, helping farming families increase their income. Although the added value is not too large, the production chain involves many families (labor intensive). Because the people who produce coconut sugar are low-level people and are carried out traditionally, it is often not optimal, including the quality. 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 makeshift containers (containers), so that the juice is dirty, contaminated with other materials, and added with rain water so that the sugar content drops. To optimize the volume and quality of tapping results, a monitoring system for the addition of sap and changes in its character is needed while in the reservoir. 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 are 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 devices (HP), 4) Testing the design results, both functional and external. The test shows that the design works well, can measure the volume and pH of the sap in the container from time to time during tapping. The accuracy level of the system in reading sap volume = 93%, while pH = 99%. The device designed 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 from any device in real time.*

**Keywords:** coconut sap, monitoring system, volume, acidity.

### **ABSTRAK**

Gula kelapa merupakan produk yang memberi nilai ekonomi masyarakat cukup besar dengan membantu keluarga petani menambah pendapatan. Meskipun nilai tambahnya tidak terlalu besar namun rantai produksinya melibatkan banyak keluarga (padat karya). Karena pelaku produksi gula kelapa masyarakat tingkat bawah dan dilakukan secara tradisional, seringkali hasilnya tidak optimum, termasuk mutunya. 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 kotor, terkontaminasi bahan lain, dan

tertambahi dengan air hujan sehingga kadar gula turun. Untuk mengoptimalkan volume dan mutu hasil sadap diperlukan sistem pemantau penambahan nira dan perubahan karakternya selama dalam tampungan. Naskah ini melaporkan perancangan sistem pemantau volume dan keasaman nira selama proses penyadapan, sehingga bisa 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 bisa 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 = 93%, sedangkan pH= 99%. Perangkat hasil rancangan dapat diterapkan pada proses penyadapan nira kelapa sehingga volume dan keasaman nira dalam penampung nira di atas pohon bisa dipantau dari gawai dimanapun secara waktu nyata.

**Kata kunci:** keasaman, nira kelapa, sistem pemantau, 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 14.095 ton (senilai USD 18,402 juta) pada tahun 2012 menjadi sebanyak 35.578 ton (senilai USD 52,521 juta) pada tahun 2018.

Beberapa sentra gula kepala di Indonesia antara lain Kab Kulon Progo di DIY, Kab. Banyumas, Jawa Tengah, Kab. Pangandaran, Jawa Barat, dan kawasan lain seperti Pacitan, Jawa Timur. Rendemen proses produksi gula  $\pm 20\%$ , 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 namun 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. Masyarakat perlu dibantu oleh pihak lain, seperti peneliti dengan sistem yang memungkinkan pemantauan nira saat disadap. Mutu gula diawali dari mutu nira kelapa yang disadap (Indahyanti et al., 2014); (Naufalin & Yanto, 2012). Nira kelapa merupakan bahan baku pembuatan gula kelapa. Sifat nira kelapa mudah mengalami fermentasi karena kandungan nutrisinya merupakan substrat yang baik bagi pertumbuhan mikroba. (Haryanti et al., 2019) menyatakan bahwa pada kondisi baik, nira saat disadap memiliki pH 6,7. Karena kandungan nutrisinya yang tinggi, nira mudah terfermentasi. Fermentasi terjadi selama proses penyadapan hingga saat akan diolah menjadi gula kelapa, sehingga dapat menurunkan kualitas nira yang akan diolah menjadi gula kelapa. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka 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 bisa bertambah air hujan, sehingga kadar gula turun (lihat Gambar 1). Metode seadanya ini juga menyebabkan nira terbuang/*losses*, dan fermentasi lebih cepat, yang menyebabkan keasaman meningkat cepat. Seperti juga pengutipan hasil dari tanaman yang lain, luarannya akan bergantung kepada cuaca dan metabolisme di dalam tanaman tersebut (lihat 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, atau semacam di dalam 'black box', sehingga menyulitkan langkah optimasinya. Karena itu, dibutuhkan instrumen yang bisa mengukur kedua parameter tersebut secara otomatis dari waktu ke waktu selama pengutipan.



Gambar 1. Penampung nira kelapa



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. Bila proses ini dipantau secara berkala, dipelajari dan dievaluasi, maka dapat diupayakan optimasi proses penyadapan. Oleh sebab itu untuk meningkatkan mutu proses penyadapan diperlukan satu model wadah/penampung nira yang memiliki sistem pemantau secara otomatis.

### Tujuan

Naskah ini bertujuan melaporkan :

1. Perancangan model sistem pemantau volume dan keasaman (pH) nira (SPVAN) dalam penampung di atas pohon secara 'real time', berbasis mikrokontroler.
2. Mendapatkan hasil uji prototipe SPVAN, sehingga dapat menyediakan alat bantu pemantau volume dan keasaman (pH) nira selama proses penyadapan di pohon kelapa.

### METODE PENELITIAN

#### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada perancangan yaitu gelas ukur, mikrokontroler Arduino AT Mega 2560, sensor jarak infra red sharp gp2y0a21, sensor pH Pro Kit V2 DFRobot, dan transmitter Modul SIM900 GPRS. Adapun bahan yang menjadi obyek yaitu mayang pohon kelapa dan niranya.

#### Metode

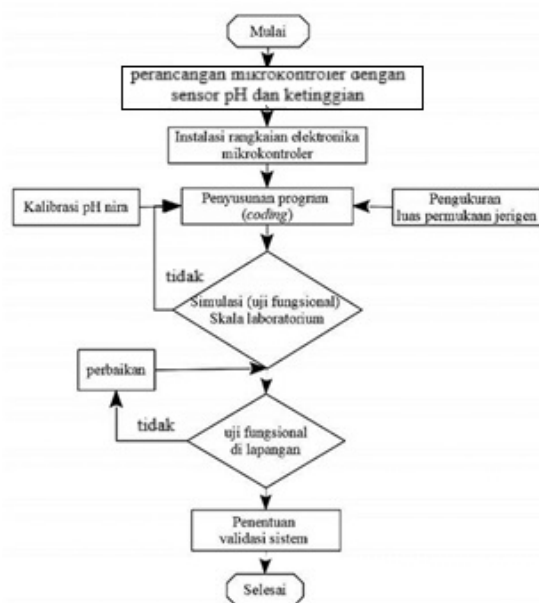
Perangkat sistem yang dirancang ditujukan untuk membaca parameter volume dan keasaman nira, karena itu sensor yang digunakan adalah sensor jarak dan sensor pH. Kemudian pengiriman data hasil pengukuran ke gawai menggunakan modul koneksi data

internet. Rancang bangun ini dilaksanakan dengan tahapan:

1. Perancangan sistem pantau pH dan volume nira. Perancangan meliputi bagian *hardware* (perangkaian komponen mikrokontroler, sensor dan pengirim data) dan *software (coding)*. Di tahapan ini diperlukan penetapan hubungan antara pembacaan tegangan sensor dengan nilai pH maupun ketinggian larutan, sehingga digunakan analisa regresi korelasi;
2. Pembuatan prototipe sistem pantau volume dan keasaman, dilanjutkan uji fungsional di laboratorium.
3. Instalasi, uji fungsional dan validitas sistem pada kondisi sebenarnya di lapangan.

### Pengembangan Model SPVAN

Model/prototipe SPVAN dikembangkan melalui proses seperti tersaji pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Proses Pengembangan SPVAN

### Rancang bangun Sistem

Sistem SPVAN ini dibangun berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560. Pembacaan parameter volume memanfaatkan sensor jarak berbasis inframerah, sedangkan parameter keasaman dengan sensor pH.

Volume nira didapatkan dengan konversi dari pengukuran tinggi permukaan nira oleh sensor jarak dengan rumus (1) berikut:

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

dimana:

V = volume nira tertampung

$\pi$  = konstanta

r = jari2 permukaan penampung

t = tinggi permukaan nira

= 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 sudah mengirimkan data 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 2 tahap. Tahap pertama alat diuji fungsional di laboratorium, disimulasi menggunakan nira sebanyak 2 lt, 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 eror 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. Kemudian 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 sesungguhnya nira, yang diukur dengan gelas ukur dan kertas lakmus (pHmeter). Hal ini untuk mendapatkan derajat ketepatan antara hasil bacaan sistem dengan data riil obyek penelitian (Validitas). Penghitungan validitas menggunakan analisis statistik Product Moment Pearson. Sistem dikatakan baik jika validitas pembacaan >90%. Tingkat validitas ini menentukan keyakinan kebenaran bacaan sistem atas obyek yang diamati, yakni nira kelapa selama penyadapan.

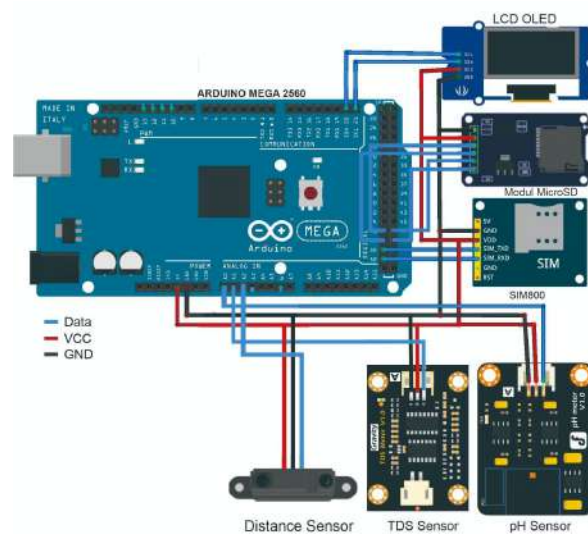
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa penelitian rancang bangun yang menghasilkan alat pengukur/pemantau parameter pH, ketinggian air, dan volume cairan antara lain oleh (Farhamsa et al., 2017; Fikri et al., 2015; Kapiudin et al., 2019; Rahmanto et al., 2020) Hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada berbagai kebutuhan. 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 6). Koneksi sensor jarak dan sensor pH dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 4.

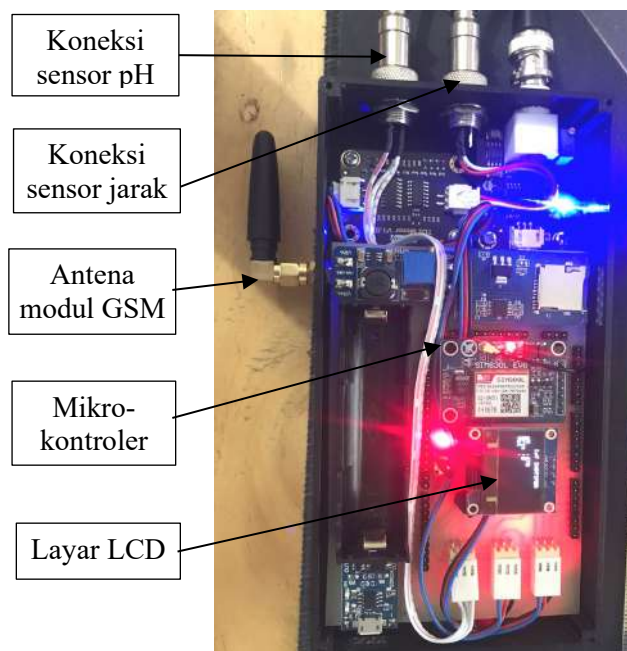
### Model Fisik SPVAN

Model fisik SPVAN hasil pengembangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sensor yang digunakan adalah sensor jarak infra red sharp gp2y0a21, mengacu ke (Azhari et al., 2014; Mohammad, 2009), yang menyatakan bahwa sensor infra merah memberikan ketepatan cukup baik. Dari sisi biaya, penggunaan

sensor infra merah juga lebih murah (Pribadi & Haryono, 2011; “Ultrasonic vs Infrared (IR) Sensors - Which Is Better?,” 2017) Bacaan sensor yang dalam satuan cm ini akan dikonversi oleh mikrokontroler Arduino menjadi volume nira (lt). Secara fisik model SPVAN yang dikembangkan tersaji pada Gambar 5.



**Gambar 4.** Skema rangkaian elektronik perangkat pemantau volume dan keasaman nira berbasis mikrokontroler



**Gambar 5.** Perangkat sistem pemantau volume dan keasaman nira (dipasang di samping penampung)



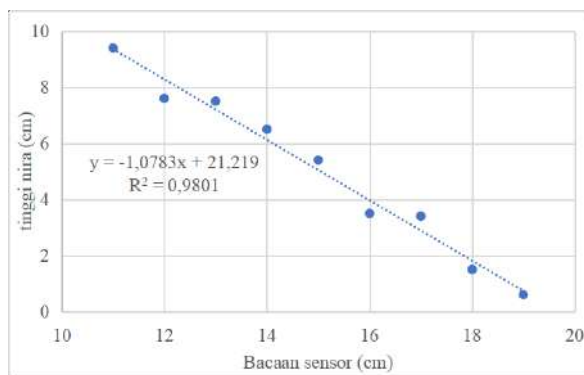
**Gambar 6.** Instalasi sensor jarak dan sensor pH pada penampung nira yang dipasang di atas pohon.



**Gambar 7.** Tampilan hasil pengukuran pada layar smartphone, satuan volume= ml (dengan aplikasi Blynk)

### Pengukuran volume

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

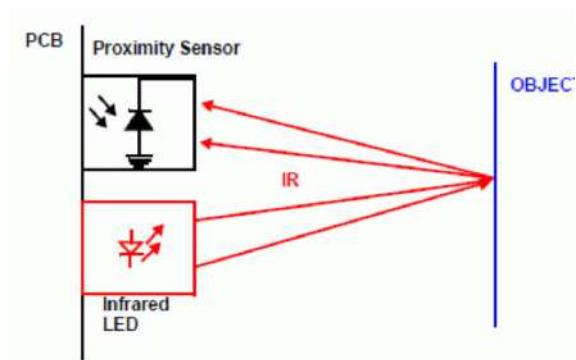


**Gambar 7.** Kalibrasi sensor pembaca tinggi nira sebagai dasar penentuan volume

Sensor tersebut memiliki rentang pengukuran 10-80 cm, dengan ketelitian 0,5cm (*Distance Sensor Comparison Guide - SparkFun Electronics*, n.d.; [html.alldatasheet.com](http://html.alldatasheet.com), n.d.) Karena sensor memiliki rentang bacaan yang baik mulai dari 10 cm, penempatan sensor ditambah 10 cm dari permukaan nira. Rentang tinggi nira diperkirakan antara 10-20 cm berdasarkan pengamatan rata-rata tinggi nira dalam wadah hasil penyadapan di lokasi penelitian. Untuk mengukur volume nira secara otomatis, sistem ini membaca parameter tinggi nira dalam wadah menggunakan sensor inframerah, seperti yang dilakukan (Lusi et al., 2018; Mawaddah, 2021).

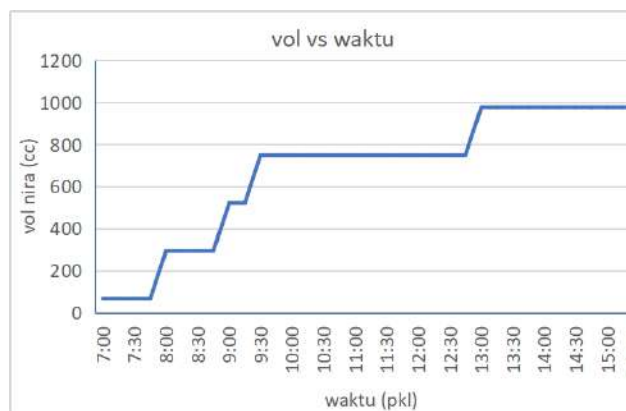
Sensor inframerah bekerja berdasarkan pantulan gelombang cahaya. Cahaya inframerah yang dihasilkan oleh LED dan dipantulkan oleh obyek diterima oleh *position sensitive detector* (PSD) dirubah menjadi energi listrik yang digunakan untuk menghitung perkiraan jarak antara sensor dan objek. (lihat Gambar 8) (Yunardi, 2017).

Karena sensor pada posisi tetap, yaitu di bibir ember, dan permukaan nira yang dijadikan media pantul berubah, maka dapat ditentukan ketinggian larutan tersebut di dalam wadah. Kemudian volume larutan dapat diperoleh dengan perkalian antara tinggi permukaan larutan dan luas permukaan larutan dalam wadah.



**Gambar 8.** Prinsip kerja Sensor Infra merah

Gambar 9 memperlihatkan hasil pengukuran volume nira dari waktu ke waktu selama penyadapan. Wadah dipasang pada pukul 07.00 wib, 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. Ini diduga terkait dengan proses metabolisme pohon kelapa. Dengan sistem pemantau ini, fenomena penetes nira dapat dipelajari lebih rinci, misalnya bisa digunakan untuk membandingkan karakter sadap dari pohon jenis berbeda, umur berbeda, atau pun perlakuan sadap yang berbeda.



**Gambar 9.** Hasil pengukuran volume nira oleh SPVAN saat penyadapan antara pukul 07.00 - 15.30

## Pengukuran keasaman

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.

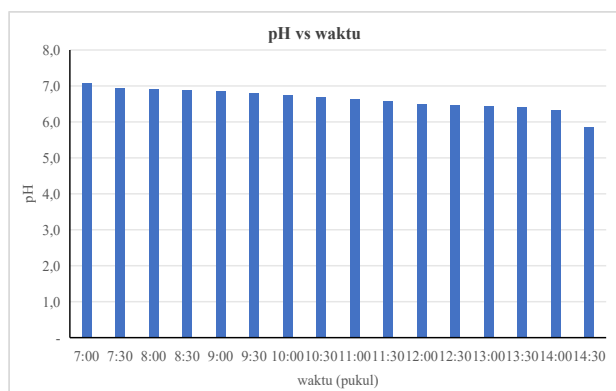
Tabel 1 memperlihatkan tingkat kesalahan pembacaan pengukur keasaman pada SPVAN ini. Dari beberapa pengujian tampak bahwa rerata *error* untuk semua tingkat pH, dari asam hingga basa = 0,7%. Meskipun dapat dikatakan ketepatannya > 99%, terdapat kecenderungan semakin besar pH, tingkat error semakin kecil.

**Tabel 1.** Uji Error Alat Pengukur pH

| n<br>o | Jns<br>larutan | pH   | Bacaan alat |      |      |  | Rerata<br>Error<br>(%) |
|--------|----------------|------|-------------|------|------|--|------------------------|
|        |                |      | 1           | 2    | 3    |  |                        |
| 1      | nira           | 4,01 | 3,95        | 3,99 | 3,90 |  | 1,5                    |
| 2      | Air<br>sumur   | 6,86 | 6,78        | 6,95 | 6,70 |  | 0,5                    |
| 3      | alkohol        | 9,18 | 9,10        | 9,05 | 9,10 |  | 0,1                    |

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 dihindari. Semakin asam, mutu nira semakin tidak baik. Pada umumnya untuk menghindari ini, penderes nira memberi larutan bersifat basa seperti kapur sirih dan Natrium Bisulfat. Dengan sistem ini, perilaku nira di dalam

wadah saat penyadapan dapat dipantau dan dipelajari. Gambar 10 memperlihatkan contoh hasil pengamatan tersebut.



**Gambar 10.** Hasil pengukuran tingkat keasaman (pH) nira oleh SPVAN saat penyadapan dari pukul 07.00 - 14.30

Data ini bisa diperoleh secara *real time* maupun dari memori yang dipasang di sistem. Pada pengujian, perangkat diset untuk membaca setiap 5 menit, dan tampak bahwa saat mulai menetes, pH nya normal ( $\pm 7$ ), kemudian menurun, dan terlihat penurunan pH cenderung tajam di akhir periode. Hal ini karena fermentasi disebabkan terutama oleh bakteri (Bulu et al., 2019) yang pertumbuhannya bersifat eksponensial, sehingga pada periode tertentu menyebabkan peningkatan keasaman yang cepat (*The Bacterial Growth Curve and the Factors Affecting Microbial Growth*, n.d.). Unjuk kerja sensor pH pada sistem ini terlihat cukup stabil selama periode penderesan, yaitu 8-12 jam. 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 = 93%, sedangkan pembacaan pH = 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 bisa 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.
- Azhari, ., Jumarang, M. I., & Muid, A. (2014). Pembuatan Prototipe Alat Ukur Ketinggian Air Laut Menggunakan Sensor Inframerah Berbasis Mikrokontroler Atmega328. *POSITRON*, 4(2), 64–70. <https://doi.org/10.26418/positron.v4i2.8729>
- Bulu, S., Ledo, M. E. S., & Rupidara, A. D. N. (2019). Identifikasi Bakteri Asam Laktat Pada Nira Segar Lontar (*Borassus flabellifer* Linn). *Jambura*, 1(2), 47–52.

- Distance Sensor Comparison Guide—SparkFun Electronics*. (n.d.). Retrieved August 5, 2022, from [https://www.sparkfun.com/distance\\_sensor\\_comparison\\_guide](https://www.sparkfun.com/distance_sensor_comparison_guide)
- Farhamsa, D., Mayusa, R. A., & Th.Musa, Moh. D. (2017). Alat ukur volume fluida cair berbasis mikrokontroller. *Gravitasi*, 15(1), 1–7.
- 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>
- Haryanti, P., Supriyadi, S., Marseno, D. W., & Santoso, U. (2019). Effects of Different Weather Conditions and Addition of Mangosteen Peel Powder on Chemical Properties and Antioxidant Activity of Coconut Sap. *AgriTECH*, 38(3), 295. <https://doi.org/10.22146/agritech.29844>
- [html.alldatasheet.com](http://html.alldatasheet.com). (n.d.). *GP2Y0A21YK0F Datasheet(5/9 Pages) SHARP | Distance Measuring Sensor Unit Measuring distance: 10 to 80 cm Analog output type*. Retrieved August 5, 2022, from <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/412635/SHARP/GP2Y0A21YK0F/799/5/GP2Y0A21YK0F.html>
- Ihsanto, E., & Hidayat, S. (2014). Rancang Bangun Sistem Pengukuran pH Meter dengan Menggunakan Mikrokontroller 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.
- Indonesia, Eksportir Utama Gula Kelapa. (n.d.). Retrieved May 18, 2022, from [https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:\\$\sim\\$:text=Kapasitas produksi gula 154%2C8,5-2 liter%2Fhari](https://mediaperkebunan.id/indonesia-eksportir-utama-gula-kelapa/#:$\sim$: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.
- Lusi, V. M. M., Warsito, A., & Louk, A. C. (2018). Sistem Pengukuran Indeks Massa Tubuh Menggunakan Sensor Jarak Infra Merah dan Load cell. *Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(1), 43–48. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i1.593>
- Mawaddah, I. (2021). Rancang Bangun Prototype Alat Pengukur Jarak Vertikal dan Horisontal Berbasis Infra red dan Roda. *Jurnal J-Innovation*, 10(1), 30–33.
- Mohammad, T. (2009). *Using Ultrasonic and Infrared Sensors for Distance Measurement*. 3(3), 6.
- Naufalin, R., & Yanto, T. (2012). Pengaruh Konsentrasi Ca(OH)<sub>2</sub>, Jenis Bahan Pengawet Alami dan Lama Simpan Terhadap Kualitas Nira Kelapa. *J. Pembangunan Pedesaan*, 12(2), 86–96.
- Pribadi, F. S., & Haryono, S. (2011). Rancang bangun Alat Ukur Ketinggian Lompatan dengan Sensor Infra Merah. *Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 20–25.
- 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>

*The Bacterial Growth Curve and the Factors Affecting Microbial Growth.* (n.d.). ThoughtCo. Retrieved August 4, 2022, from <https://www.thoughtco.com/bacterial-growth-curve-phases-4172692>

Ultrasonic vs Infrared (IR) Sensors—Which is better? (2017, November 27). *MaxBotix Inc.* <https://www.maxbotix.com/articles/ultrasonic-or-infrared-sensors.htm>

Yunardi, R. T. (2017). Analisa Kinerja Sensor Inframerah dan untuk Sistem Pengukuran Jarak pada Mobile Robot Inspection. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 6(1), 33–41. <https://doi.org/10.36055/setrum.v6i1.1583>