

ALAT PEMBANGKIT SUARA ULTRASONIK OTOMATIS UNTUK MERANGSANG PEMBUKAAN STOMATA TANAMAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA328P YANG DILENGKAPI DENGAN PANEL SURYA

Priguna Septia Putra ^{*)}, Adian Fatchur Rochim¹⁾, Eko Didik Widiyanto¹⁾, Mentary Putri Pratami²⁾

1) Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

2) Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Diponegoro

Jalan Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstrak - Salah satu teknologi pertanian yang belum termanfaatkan adalah penggunaan gelombang suara yang tepat untuk merangsang pembukaan stomata tanaman. Penelitian tentang pengaruh pemberian gelombang suara dalam meningkatkan kuantitas dan kualitas tanaman juga telah dilakukan di Indonesia. Pemberian pancaran gelombang suara berfrekuensi 3500 – 5500 Hertz pada beberapa tanaman agrokultura mampu meningkatkan hasil pipilan jagung kering 37,5%, bawang merah 18,5%, kentang 21,7%, jahe gajah 88,4%, jahe kapur 127% dengan kenaikan kadar oleoresin 0,22%, tembakau 31,8% dengan peningkatan kadar nikotin 0,38% serta peningkatan hasil kedelai 19% dengan peningkatan kadar protein 7,3%.

Alat terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler AVR Atmega328P yang mengintegrasikan sensor suhu DS18B20 dan RTC (real time clock) DS1302. Gelombang dibangkitkan oleh modul DDS (Direct Digital Synthesizer) AD9850 dengan frekuensi dapat diatur lewat program (programmable). Agar alat ramah lingkungan, pengisian daya aki/baterai berasal dari panel surya 10 Watt. Perangkat lunak dibuat menggunakan bahasa C dengan Arduino IDE yang kompatibel dengan mikrokontroler AVR.

Hasil pengujian menunjukkan alat mampu bekerja secara otomatis dalam membangkitkan gelombang suara dan mampu merangsang pembukaan stomata pada tanaman jagung.

Kata kunci : Teknologi Pertanian, Gelombang Suara, Stomata, ATmega328p, Arduino

I. PENDAHULUAN

Sonic bloom suatu teknologi yang memadukan pengaruh gelombang suara berfrekuensi 3500 - 5000 Hz. Teknologi sonic bloom telah terbukti mampu meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil tanaman. Penerapan sonic bloom pada tanaman jagung mampu meningkatkan hasil pipilan kering, 37,5%, bawang merah 18,5%, kentang 21,7%, jahe gajah 88,4%, jahe kapur 127% dengan kenaikan kadar oleoresin 0,22%, tembakau 31,8% dengan peningkatan kadar nikotin 0,38% (Yulianto, H, Simanjuntak, Sumardi, & Utomo, 2004; Yulianto, 2008b). Peningkatan hasil kedelai 19% dengan peningkatan kadar protein 7,3% (Utomo, Sunarto, Supartoto, Farid, & Surjiti, 2002; Yulianto et al., 2004). Peningkatan hasil yang terjadi pada berbagai tanaman pangan yang diaplikasi sonic bloom, memberikan harapan untuk menerapkan sonic bloom sebagai alternatif teknologi terobosan guna mendongkrak perandalan peningkatan produktivitas padi di Indonesia.

Aplikasi gelombang suara untuk menyuburkan pertumbuhan tanaman telah lama dilakukan. Singh pada tahun 1960 telah mengamati pengaruh aplikasi gelombang ini, Suara yang

berbentuk musik "charukesi raga" dari alat gramafon pada pertanaman padi di Madras dan Teluk Bengal. Yang ternyata mampu meningkatkan hasil panen 25 - 60 % lebih banyak daripada rata-rata hasil panen biasa di wilayah ini. Hlagesel awal 1973 menemukan bahwa tingkal perkecambahan lobak mengalami percepatan ketika diberi suara dengan frekuensi 4000 Herz (Ghofur, 2004).

Walaupun penggunaan teknik sonic bloom ini mampu meningkatkan hasil produksi pertanian dan perkebunan, namun saat ini penggunaannya di Indonesia masih tergolong sedikit. Hal ini disebabkan karena perangkat Sonic Bloom untuk membangkitkan gelombang suara masih impor, serta penggunaannya yang tidak praktis. Seperti penyalaan alat secara manual, menggunakan timer mekanik, sumber daya aki perlu diisi kembali, memerlukan peralatan eksternal termometer. Dari hal tersebut maka diperlukan inovasi untuk membuat alat Sonic Bloom yang praktis dan handal serta dapat diproduksi di dalam negeri.

1.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, maka permasalahan yang akan dibahas program ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat alat pembangkit gelombang suara yang dapat berjalan secara otomatis dalam penggunaannya?
2. Bagaimana agar alat tersebut dapat diatur frekuensinya sehingga dapat memenuhi kebutuhan yang spesifik untuk tiap tanaman ?
3. Bagaimana agar alat tersebut efisien dan ramah lingkungan?

1.2. Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini pembahasan masalah memiliki batasan pada permasalahan berikut :

1. Dalam pembuatan alat pembangkit suara ultrasonik ini, tidak dilakukan pengujian sejauh mana efek perangsangan pembukaan stomata tanaman menggunakan alat ini dalam jangka panjang.
2. Parameter pengujian keluaran alat pembangkit suara ultrasonik adalah alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan perangkat untuk mengaplikasikan teknologi mikrokontroler ke bidang pertanian.
2. Menyusun algoritma alat pembangkit suara ultrasonik.
3. Mengimplementasikan dan menguji alat pembangkit suara ultrasonik di Laboratorium Sistem Embedded dan Robotika Sistem Komputer Universitas Diponegoro dan di persawahan.

II. DASAR TEORI

Penelitian yang akan dilakukan berlandaskan pada berbagai teori yang memungkinkan tujuan penelitian dapat tercapai. Teori-teori tersebut menjadi dasar yang membangun penelitian dengan memberikan definisi dan penjabaran yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian, berikut Landasan Teori tersebut.

2.1 Teknologi Sonic Bloom

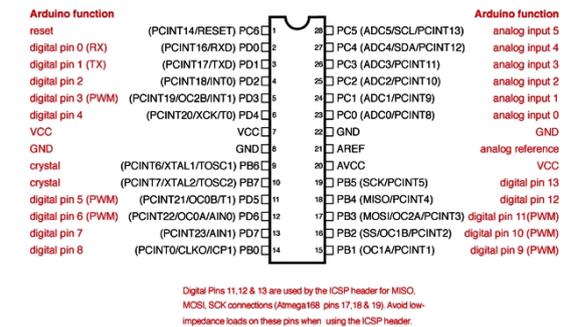
Penerapan teknologi sonicbloom dilakukan terhadap padi, bawang merah dan cabai merah melalui penelitian yang dapat memberikan peningkatan produktivitas rata-rata 42,6% (Yulianto, 2006, 2008a, 2008b). Kualitas hasil tanaman pun

meningkat berupa peningkatan kandungan gizi (Yulianto et al., 2004). Berikut parameter-parameter untuk pemberian gelombang suara pada tanaman.

1. Suara diberikan jika suhu dibawah 30°C.
2. Suara diberikan selama 8-10 jam perhari dari pukul 04.00 dan pukul 16.00.
3. Frekuensinya adalah antara 3500 Hz – 5000 Hz
4. Diletakan di atas tiang agar jangkauan luas.

2.2 Mikokontroler ATmega328P

Mikrokontroler ATmega328P adalah mikrokontroler yang diproduksi oleh Atmel. Mikrokontroler ini memiliki 22 pin I/O, semua pin dapat berfungsi sebagai pin I/O digital, 6 pin dapat berfungsi sebagai keluaran PWM dan 6 pin dapat berfungsi sebagai pin I/O analog. Tegangan yang beroperasi untuk mikrokontroler ini adalah 2,7 – 5 Volt. Mikrokontroler ATmega328 memiliki 32 KByte memori flash untuk menyimpan kode sedangkan 2 KByte digunakan untuk *bootloader*. Mikrokontroler ATmega328 memiliki 2 KByte dari SRAM dan 1 KByte dari EEPROM yang dapat dibaca dan ditulis.



Gambar 1. Mikrokontroler ATmega328P

2.3 Modul DDS (Direct Digital Synthesis)

AD9850 DDS Signal Generator Modul adalah modul pembangkit gelombang yang menggunakan IC AD9850 CMOS 125 MHz DDS *Synthesizer* produksi Analog Devices, Inc. IC ini menggunakan teknologi *Digital-to-Analog Converter* terkini yang berkinerja tinggi untuk mensintesa frekuensi (*frequency synthesizer*). Dengan osilator kristal aktif berfrekuensi 125 MHz sebagai sumber detak berpresisi sangat tinggi, modul ini membangkitkan gelombang sinus analog murni dengan frekuensi yang dapat diprogram. Gelombang keluaran ini dapat digunakan langsung sebagai sumber frekuensi, atau dapat juga dikonversi menjadi gelombang kotak digital sebagai sumber pewaktu berakurasi tinggi yang responsif.

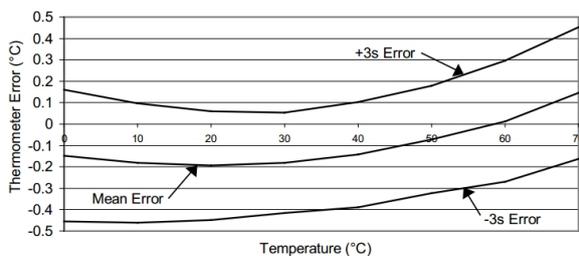
Spesifikasi:

1. Membangkitkan 2 gelombang sinus (*sine wave*) dan 2 gelombang kotak (*square wave*)
2. Presisi hingga frekuensi harmonik 20 MHz, max 40 MHz (di atas 20 MHz, gelombang akan mengalami distorsi)

3. Frekuensi maksimum gelombang kotak: 1 MHz
4. Sudah memiliki *low-pass filter* 70 MHz
5. Menggunakan osilator aktif frekuensi tinggi (125 MHz) dengan kualitas presisi yang sangat baik.

2.4 Sensor Suhu DS18B20

DS18B20 adalah sensor suhu digital yang dikeluarkan oleh Dallas Semiconductor. Dalam pembacaan suhu, sensor menggunakan protokol *1 wire communication*. DS18B20 memiliki 3 pin yang terdiri dari VCC, *Ground* dan Data Q. Tegangan yang beroperasi pada DS18B20 adalah 3-5 Volt dengan arus maksimal 1,5 mA. Sensor suhu DS18B20 beroperasi pada suhu -55° celcius hingga +125° celcius. Keunggulan DS18B20 yaitu output berupa data digital dengan nilai ketelitian 0.5° celcius selama kisaran suhu -10 celcius sampai +85 celcius sehingga mempermudah pembacaan oleh mikrokontroler.



Gambar 2. Kurva pembacaan suhu DS18B20

2.5 RTC (*Real Time Clock*) DS1302

RTC adalah modul penghitung waktu dan penyimpanan data waktu, dengan adanya komponen ini unit pengendali dapat melakukan pengendalian kerja sistem dengan waktu yang akurat. RTC memiliki kemampuan untuk menghitung waktu dengan tepat. Keunggulan-keunggulan yang dimiliki oleh RTC diantaranya :

1. Menghitung waktu mulai detik, menit, jam, tanggal, bulan, tahun, hari dalam minggu dengan kompensasi tahun kabisat sampai tahun 2100.
2. Kemampuan untuk selalu membarui informasi waktu meskipun sumber utama terputus.

2.6 Panel Surya

Panel surya adalah perangkat rakitan sel-sel fotovoltaik yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Tegangan yang dihasilkan antara 17 – 22 Volt dan arusnya tergantung dari *Wattpeak* panel surya tersebut. Masa pakai panel surya dapat mencapai kurang lebih 25 tahun.

III. PERANCANGAN SISTEM

Dalam bab ini membahas spesifikasi kebutuhan fungsional, spesifikasi kebutuhan non-fungsional, perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

3.1 Spesifikasi Kebutuhan Fungsional

Spesifikasi kebutuhan fungsional dilakukan untuk memberi gambaran tentang alat yang akan dibuat dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan. Kebutuhan fungsional tersebut sebagai berikut:

1. Alat menggunakan mikrokontroler sebagai pusat kontrol untuk otomatisasi dalam pemberian gelombang suara.
2. Alat dapat membaca kondisi lingkungan sekitar, tegangan baterai dan informasi waktu untuk digunakan sebagai parameter dalam pemberian gelombang suara.
3. Pemberian gelombang suara pada tanaman dapat secara otomatis dengan suhu di bawah 30°C, waktu yang telah diatur dan kapasitas baterai yang mencukupi.
4. Alat menyediakan antarmuka pengguna menggunakan LCD 16x2 dan tombol untuk pengaturan dalam pemberian gelombang suara pada tanaman.
5. Pengisi ulang daya aki berasal dari energi terbarukan yaitu energi matahari menggunakan panel surya sehingga ramah lingkungan.
6. Penggunaan komponen yang mengonsumsi daya paling sedikit untuk efisiensi konsumsi daya.

3.2 Spesifikasi Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional mendeskripsikan tingkatan dari kualitas misalnya dapat digunakan atau tidak. Kebutuhan non-fungsional dari pembuatan tugas akhir ini adalah purwarupa alat dibuat sedemikian rupa sehingga memudahkan dalam proses pemasangan dan penggunaannya.

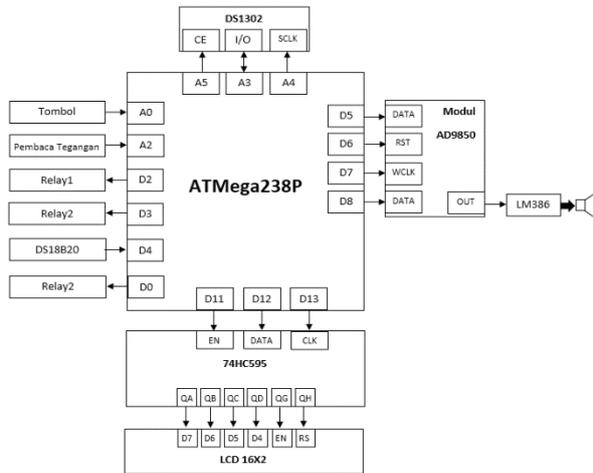
3.3 Perancangan Perangkat Keras

Kebutuhan non-fungsional mendeskripsikan tingkatan dari kualitas. Kebutuhan non-fungsional dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Purwarupa alat dibuat sedemikian rupa sehingga memudahkan dalam proses pemasangan dan penggunaannya.
2. Kontruksi purwarupa alat terbuat dari akrilik agar komponen yang berada didalam tidak terganggu oleh kondisi diluar
3. Penyangga purwarupa alat terbuat dari besi agar dapat diletakan pada tiang dan dapat menopang keseluruhan komponen.

3.3.1 Digram blok alat

Diagram blok perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 3.1.

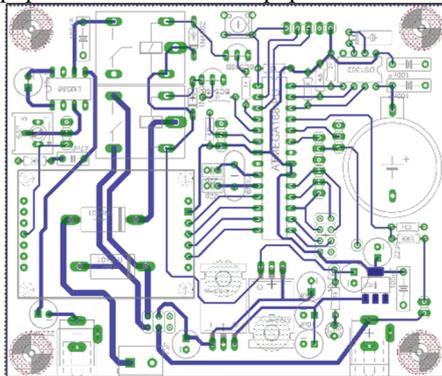


Gambar 3. Diagram Blok Alat

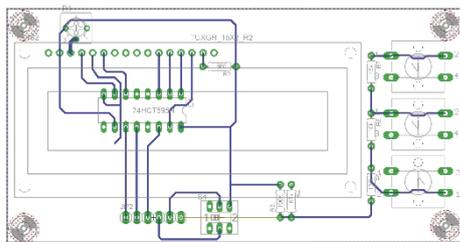
3.2.1 Perancangan desain papan sirkuit elektronik

Perancangan papan sirkuit elektronik dibutuhkan untuk menghubungkan komponen-komponen elektronika yang dibutuhkan untuk membuat purwarupa alat.

Papan sirkuit elektronik terlebih dahulu dirancang menggunakan perangkat lunak bernama EAGLE (*Easily Applicable Graphical Layout Editor*). Papan sirkuit terdiri dari 2 papan sirkuit yaitu papan sirkuit utama dan papan sirkuit LCD.



Gambar 4. Papan sirkuit utama



Gambar 5. Papan sirkuit LCD

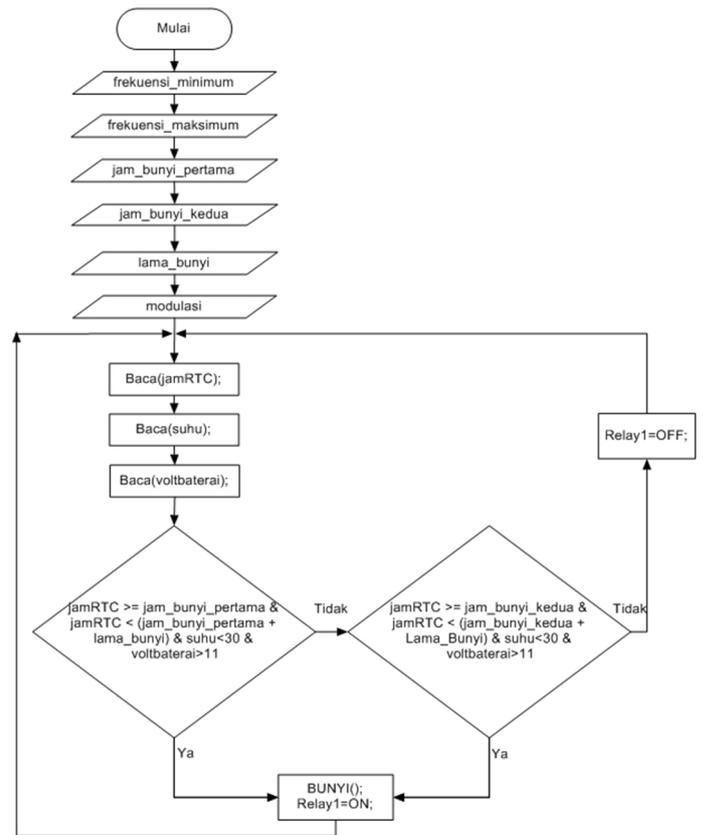
3.2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak digunakan untuk memberikan tahapan yang jelas dalam

pembuatan program yang akan mengendalikan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak terdiri dari perancangan program utama, perancangan fungsi BUNYI(), perancangan pengisian ulang daya, perancangan fungsi TOMBOL() dan perancangan alur tegangan

4. Perancangan program utama

Perancangan program utama merupakan perancangan program yang dibutuhkan oleh mikrokontroler ATmega328P sebagai pusat. Perancangan ini bertujuan untuk pengoperasian alat secara otomatis. Perancangan ini berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Yulianto tentang pemberian gelombang suara pada tanaman (Yulianto, 2006, 2008a, 2008b). Berikut merupakan diagram alir program utama.



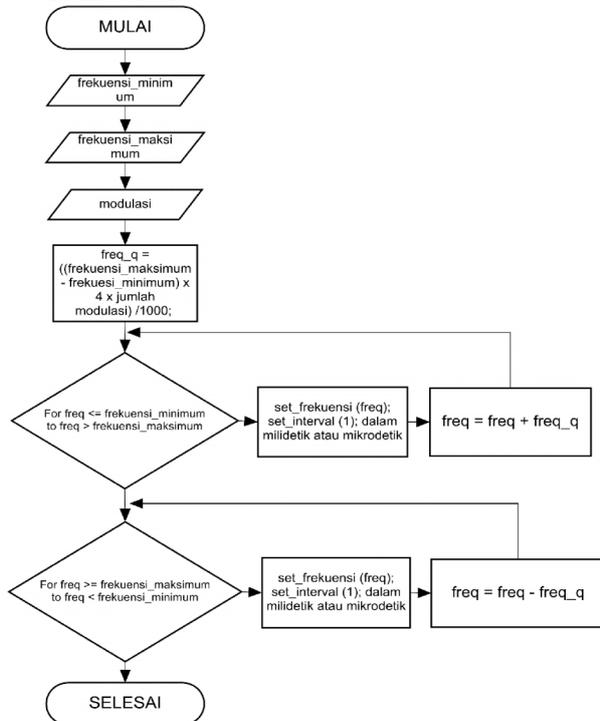
Gambar 6. Diagram alir program utama

Pada Gambar 3.19 menunjukkan digram alir program utama. Pertama, nilai frekuensi_minimum, frekuensi_maksimum, jam_bunyi_pertama, jam_bunyi_kedua, lama_bunyi, dan modulasi terlebih dahulu diatur oleh pengguna melalui antarmuka LCD. Kemudian membaca informasi waktu, suhu dan tegangan baterai. Setelah itu, membandingkan nilai jam_bunyi_pertama atau jam_bunyi_kedua dengan jamRTC, nilai pembacaan suhu dan nilai pembacaan tegangan. Apabila perbandingan nilai jam_bunyi_pertama atau jam_bunyi_kedua dengan jamRTC bernilai TRUE, suhu di bawah 30°C dan voltbaterai lebih dari 11

Volt maka RELAY1 akan ON dan alat akan membangkitkan frekuensi dengan fungsi BUNYI(). Apabila perbandingan tersebut bernilai FALSE RELAY1 akan OFF dan selanjutnya kembali ke langkah pembacaan waktu RTC.

5. Perancangan fungsi BUNYI()

Berikut merupakan digram alir fungsi BUNYI() untuk membangkitkan gelombang suara secara modulasi.

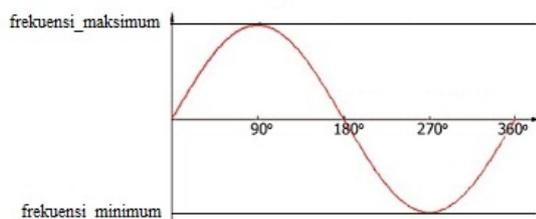


Gambar 7. Digram alir fungsi BUNYI()

Pada Gambar 7 menunjukkan diagram alir fungsi BUNYI(). Langkah pertama yaitu, mengatur nilai frekuensi_minimum, frekuensi_maksimum dan modulasi. Berikut rumus perhitungan nilai freq_q yang digunakan untuk membangkitkan gelombang suara secara modulasi.

$$freq_q = \frac{(frekuensi_maksimum - frekuensi_minimum) \times 2 \times modulasi}{1000}$$

Pada rumus di atas hasil perhitungan frekuensi_maksimum dikurangi dengan frekuensi_minimum membentuk setengah gelombang. Sebagai gambarnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Gelombang sinus

Kemudian untuk membentuk satu gelombang penuh maka setengah gelombang tersebut harus dikali dengan 2. Setelah membentuk satu gelombang penuh selanjutnya hasil perhitungan tersebut dikali dengan modulasi. Pada program digunakan interval dalam 1 milidetik maka dalam 1 detik dapat melakukan 1000 perhitungan atau 1000 Herz. Sehingga hasil dari perhitungan frekuensi_maksimum dikurangi dengan frekuensi_minimum dikali dengan 2 dan dikali modulasi harus dibagi dengan 1000.

Setelah nilai freq_q diketahui maka akan melakukan perulangan dari nilai frekuensi_minimum menuju nilai frekuensi_maksimum. Perulangan dilakukan dengan cara menambahkan nilai freq_q ke nilai frekuensi_minimum dengan interval 1 milidetik.

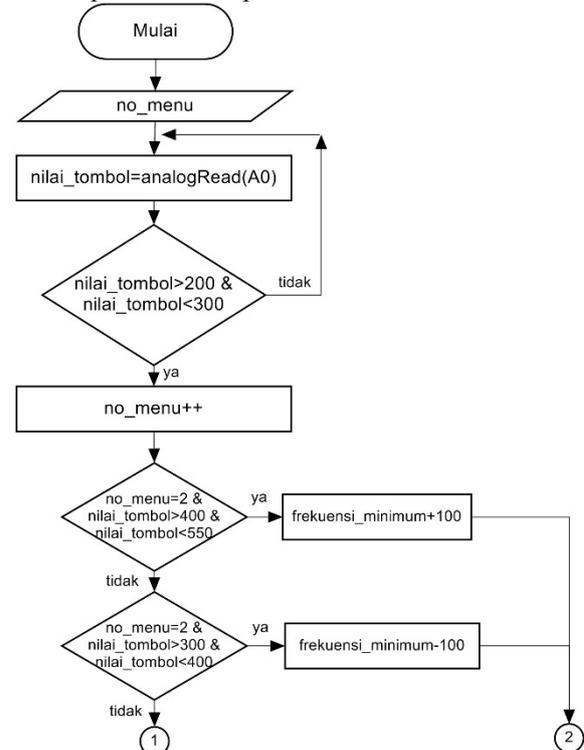
$$freq = freq + freq_q$$

Selanjutnya melakukan perulangan kembali dari nilai frekuensi_maksimum menuju frekuensi_minimum. Perulangan dilakukan dengan cara mengurangi nilai frekuensi_minimum dengan nilai freq_q dengan interval 1 milidetik.

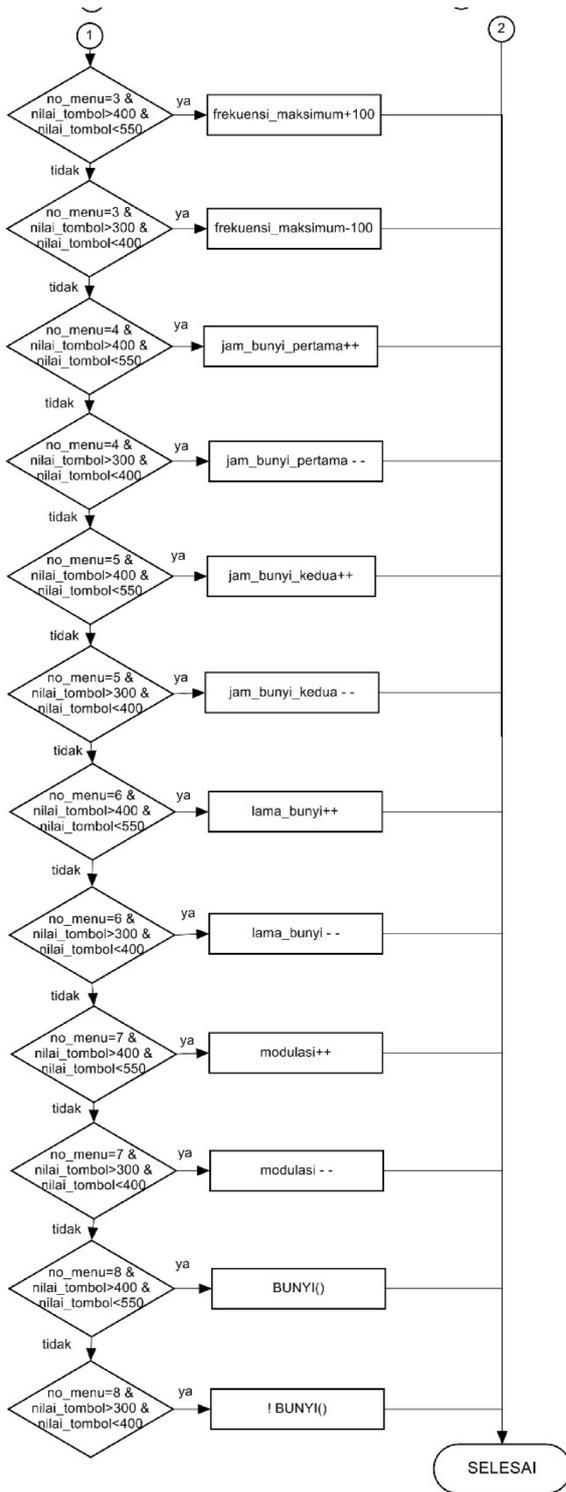
$$freq = freq - freq_q$$

6. Perancangan fungsi TOMBOL()

Berikut merupakan diagram alir untuk menampilkan menu pada LCD 16x2.



Gambar 9. Diagram alir fungsi MENU()



Gambar 10. Diagram alir fungsi MENU()

Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan diagram alir proses memilih menu. Antarmuka menu menggunakan LCD 16x2 dan tombol digunakan untuk interaksi alat dengan pengguna. Pengguna dapat melihat informasi keadaan alat dan dapat mengatur frekuensi_minimum, frekuensi_maksimum, jam_bunyi_pertama, jam_bunyi_kedua,

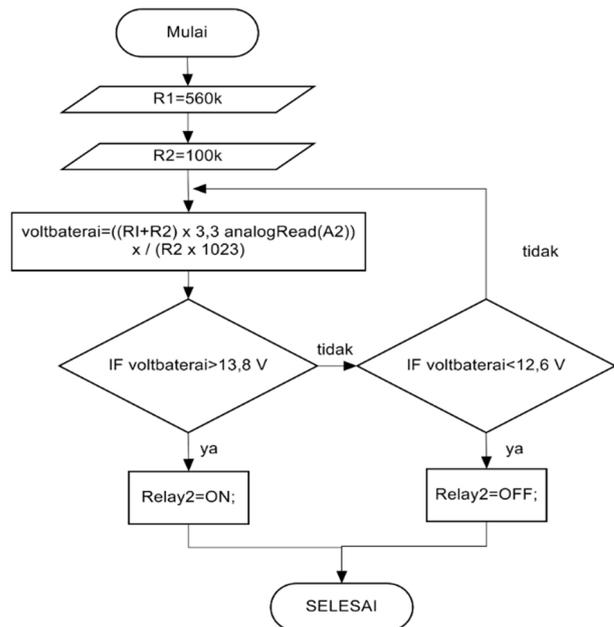
lama_bunyi dan modulasi. Pengoperasian menu dilakukan dengan tiga buah tombol.

Tabel 1. Fungsi tiap tombol

No	Tombol	Fungsi
1	Atas	Memilih menu
2	Tengah	Menambah nilai
3	Bawah	Mengurangi nilai

7. Perancangan pengisian ulang daya aki

Berikut merupakan diagram alir untuk pengisian ulang daya aki/baterai dari panel surya.



Gambar 11. Diagram alir pengisian ulang daya aki

Pada Gambar 11 menunjukkan diagram alir untuk pengisian ulang daya aki/baterai dari panel surya. Pembacaan tegangan menggunakan metode pembagi tegangan. Nilai R1 sebesar 560 kohm dan nilai R2 sebesar 100 kohm. Berikut rumus perhitungan untuk menghitung voltbaterai.

$$\text{voltbaterai} = \frac{(R1 + R2) \times \text{analog Reference} \times \text{analogRead}(A2)}{R2 \times 1023}$$

Perhitungan pembacaan tegangan yaitu nilai nilai_volt dikali dengan nilai analog reference yaitu 3,3 dan nilai R1 yang ditambah dengan nilai R2. Setelah itu dibagi dengan nilai R2 yang dikali dengan 1023. Berikut adalah hasil penyederanaan perhitungan voltbaterai.

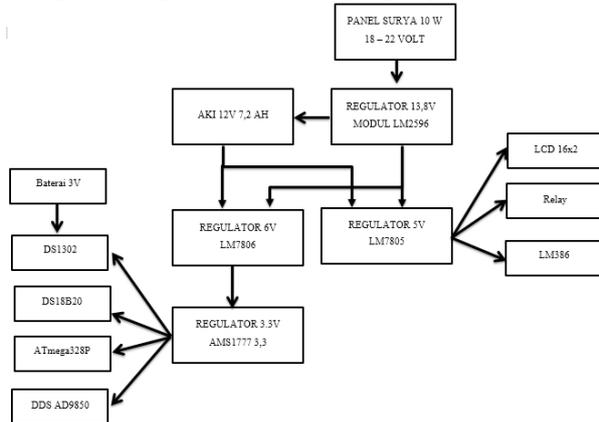
$$\text{voltbaterai} = \frac{21,78 \times \text{AnalogRead}(A2)}{1023}$$

Setelah melakukan perhitungan nilai voltbaterai selanjutnya membandingkan hasil tersebut dengan kondisi baterai dalam keadaan penuh yaitu 13,8 volt. Apabila perbandingan tersebut bernilai TRUE maka RELAY2 akan ON. Apabila perbandingan tersebut bernilai FALSE maka akan membandingkan nilai voltbaterai kembali.

Apabila tegangan baterai turun mejadi 12,6 maka RELAY2 akan OFF. Apabila perbandingan tersebut bernilai *FALSE* maka akan kembali ke langkah pembacaan nilai *voltbaterai*.

8. Perancangan alur tegangan

Percangan ini memberi gambaran tegangan yang beroperasi pada tiap komponen. Berikut merupakan diagram blok alur tegangan pada alat.



Gambar 12. Diagram blok alur tegangan

Gambar 12 menunjukkan diagram blok alur tegangan pada alat. Komponen dengan tegangan 3,3 volt terdiri dari IC DS1302, IC DS18B20, mikrokontroler ATmega328P dan IC AD9850. Tegangan tersebut digunakan untuk efisiensi dalam konsumsi daya. Kemudian komponen dengan tegangan 5 volt terdiri dari LCD 16x2, LM386 dan Relay.

IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN.

Perangkat keras pertama yang diimplementasikan adalah pembuatan papan sirkuit elektronik berdasarkan skematik dari gambar rangkaian papan sirkuit elektronik yang telah dibuat sebelumnya. Papan sirkuit elektronik menjadi tempat komponen-komponen saling terhubung untuk menjadi sebuah perangkat keras yang dibutuhkan.

4.1 Implementasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Perangkat keras yang telah dirancang sebelumnya akan diimplementasikan, mulai dari pembuatan perangkat lunak hingga pemasangan perangkat keseluruhan alat. Hasil implementasi perangkat keras disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Implementasi alat

4.3 Pengujian tegangan

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan tegangan yang diterima setiap komponen sesuai dengan spesifik tegangan masukan komponen. Pengujian dilakukan dengan alat ukur digital multimeter SANWA 800a yang dimiliki oleh Laboratorium Embeded dan Robotika Teknik Sistem Komputer Universitas Diponegoro. Berikut hasil pengujian tegangan tiap komponen.

Tabel 2. Pengujian tegangan

No	Komponen	Tegangan (Volt)
1	Papan sirkuit utama	10 – 13,8
2	ATmega328P	3,3
3	DS1302	3,3
4	Baterai 2032	3,3
5	Modul AD9850	3,3
6	DS13B20	3,3
7	LM386	5
8	Relay	5
9	74HC595	5
10	LCD 16x2	5

Pada Tabel 2 menunjukkan tegangan pada papan sirkuit bervariasi dari 12 -13,8 Volt. Pada saat panel surya menghasilkan daya listrik maka daya tersebut di konversikan terlebih dahulu menjadi 13,8 Volt dan dihubungkan dengan papan sirkuit utama untuk mengisi ulang daya aki/baterai.

4.2 Pengujian daya alat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar daya yang dikonsumsi oleh alat dengan kondisi yang bervariasi dan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur yaitu multimeter digital.

1. Daya yang dikonsumsi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar daya yang dikonsumsi oleh alat. Hasil pengujian daya yang dikonsumsi oleh alat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian daya yang dikonsumsi

No	Kondisi	Arus (mA)	Tegangan (V)	Daya (mW)
1	Alat <i>standby</i>	38	12,5	475
2	Alat <i>standby</i> dengan LCD aktif	39	12,5	487
3	Alat membangkitkan gelombang suara	170	12,5	2125
4	Alat membangkitkan gelombang suara dengan LCD aktif	176	12,5	2200

Pada Tabel 3 menunjukkan alat dalam keadaan *standby* mengkonsumsi daya sebesar 475 mW atau 0,475 Watt. Pada saat alat membangkitkan suara dengan volume kekerasan maksimal mengonsumsi daya sebesar 2.125 mWatt atau 2,125 Watt.

2. Daya yang dihasilkan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar daya yang dihasilkan oleh panel surya. Hasil pengujian daya yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.

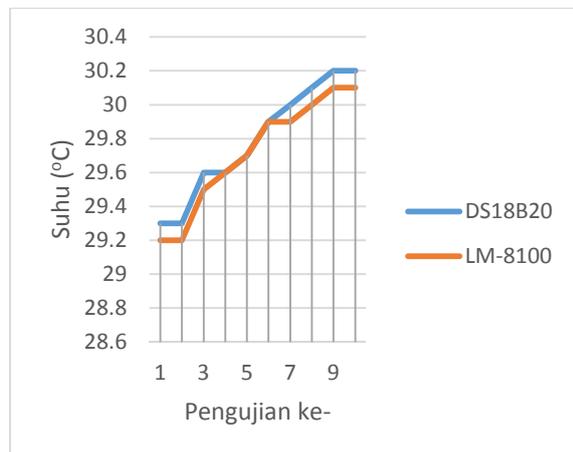
Tabel 4. Daya yang dihasilkan

No	Kondisi	Arus (mA)	Tegangan (V)	Daya (mW)
1	Output Panel Surya	320	20,4	6528
2	Output Modul LM2596	470	13,8	6486

Pada Tabel 4 menunjukkan daya yang dihasilkan panel surya sebesar 6.486 mWatt atau 6,486 Watt.

4.3 Pengujian pembacaan suhu DS18B20

Pengujian ini bertujuan pengujian untuk memastikan ketepatan dalam pembacaan sensor suhu DS18B20. Pengujian dilakukan dengan membandingkan sensor suhu DS18B20 dengan alat ukur digital Lutron LM-8100 yang dimiliki oleh Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 14.

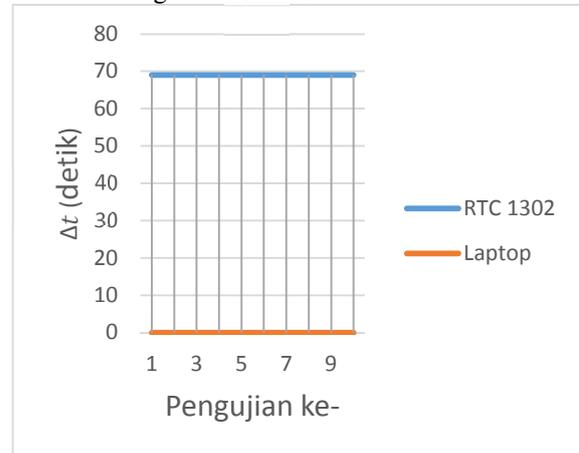


Gambar 14. Grafik perbandingan pembacaan suhu

Pada Gambar 14 menunjukkan perbandingan pembacaan suhu antara sensor suhu DS18B20 dengan alat ukur digital Lutron LM-8100. Pada pengujian tersebut didapat suatu nilai kesalahan pembacaan DS18B20 terhadap Lutron LM-8100 adalah sebesar 0,1 °C.

4.4 Pengujian RTC DS1302

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan ketepatan dalam waktu pembacaan waktu RTC DS1302. Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembaca waktu RTC DS1302 dengan jam digital laptop selama 5 jam. Parameter awal yaitu waktu di RTC 16:0:0 dan waktu di laptop 15:58:51 dengan $\Delta t_0 = 69$.

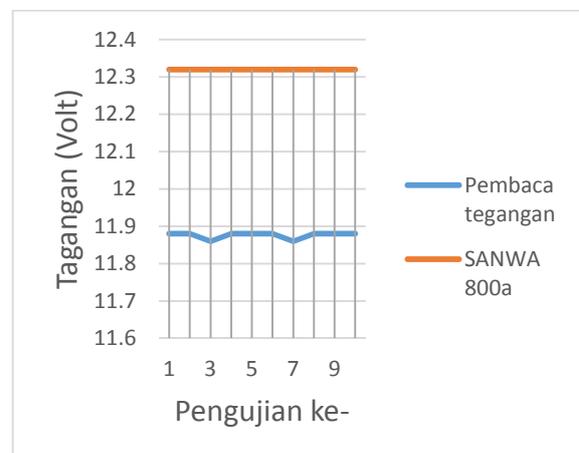


Gambar 15. Grafik perbandingan pembacaan suhu

Pada Gambar 15 menunjukkan perbandingan pembaca waktu RTC 1302 dengan jam digital laptop. Kesalahan pembacaan waktu dari RTC DS1302 adalah jumlah rata-rata $\Delta t - \Delta t_0 = 69 - 69 = 0$. Dari hasil tersebut menunjukkan waktu pada RTC DS1302 tidak mengalami pergeseran waktu.

4.5 Pengujian pembacaan tegangan

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan ketepatan dalam pembacaan tegangan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembaca tegangan pada sirkuit dengan alat ukur digital multimeter SANWA 800a yang dimiliki oleh Laboratorium Embeded dan Robotika Teknik Sistem Komputer Universitas Diponegoro. Berikut hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 16.

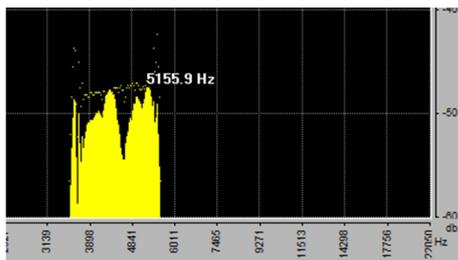


Gambar 16. Grafik perbandingan pembacaan suhu

Pada Gambar 16 menunjukkan perbandingan pembaca tegangan pada sirkuit dengan alat ukur digital multimeter SANWA 800a . Kesalahan pembacaan tegangan dengan menggunakan teknik pembagi tegangan yaitu $-0,44$ atau $3,57\%$. Toleransi pada resistor yang disimbolkan mempunyai nilai toleransi $\pm 5\%$. Sehingga untuk pembacaan tagangan secara tepat maka pada kode program utama perlu ditambah sebesar $3,57\%$.

4.6 Pengujian frekuensi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah frekuensi yang dibangkitkan dalam kode sumber sesuai dengan frekuensi yang dibangkitkan dengan perangkat lunak bernama Spectrum Analyzer. Pengujian ini dilakukan dengan cara konektor keluaran dari amplifier dihubungkan ke konektor mix. Parameter frekuensinya yaitu frekuensi minimum 3500 Hz dan frekuensi maksimum 5500 Hz. Berikut hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Pengujian frekuensi

Pada Gambar 17 menunjukkan frekuensi yang dibangkitkan dalam kode sumber sesuai dengan analisis software Spectrum Analyzer.

4.7 Pengujian implementasi alat

Pengujian implementasi alat berupa pemasangan alat di sawah. Pengujian dilakukan di desa Krajan Kidul Kel. Kaliwadas Kec. Bumiayu Kab. Brebes Jawa Tengah. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah alat dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan apabila diimplementasikan di lapangan. Pengaturan waktu membangkitkan gelombang suara yaitu jam $4 - 8$ pagi dan jam $4 - 8$ sore. Alat diletak di tiang setinggi 3 meter seperti terlihat pada Gambar 18.



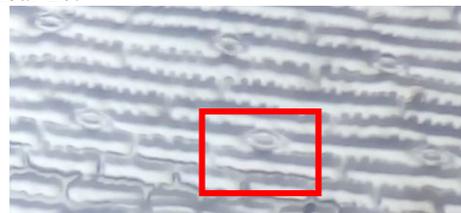
Gambar 18. Implementasi alat di Sawah

Hasil pengujian implentasi di Sawah, alat dapat bekerja dengan semestinya sesuai dengan pameter berikut:

1. Alat dapat membangkitkan gelombang suara secara otomatis dengan suhu di bawah 30°C , waktu yang telah diatur dan kapasistas baterai yang mencukupi.
2. Alat dapat berhenti membangkitkan suara ultasonik sesuai dengan waktu yang telah diatur oleh pengguna.
3. Alat alat behenti membangkitkan suara ultasonik apabila suhu di atas 30°C walaupun pada waktu membangkitkan gelombang suara yang telah diatur oleh pengguna.
4. Aki/baterai pada alat dapat terisi ulang dayanya yang berasal dari daya panel surya.

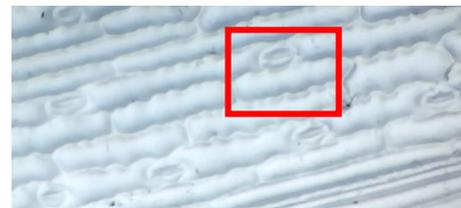
4.8 Pengujian efek terhadap stomata tanaman

Pengujian ini berupa memberikan gelombang suara pada tanaman menggunakan alat ini. Kemudian daun dari tanaman tersebut diteliti dengan mikroskop untuk mengetahui apakah stomata membuka atau tidak. Pengujian ini menggunakan tanaman jagung. Tanaman yang digunakan dalam pengujian ini yaitu tanaman jagung. Pengujian dilakukan selama satu minggu. Pemberian gelombang suara dilakukan pada pukul 04.00 sampai 08.00 dan pada pukul 16.00 sampai pukul 20.00 Pengamatan stomata daun dilakukan setelah pemberian gelombang suara selesai. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 19 dan Gambar 20.



Gambar 19. Daun tanpa pemberian suara ultrasonik

Pada Gambar 19 menunjukkan bahwa stomata pada daun tidak membuka apabila tidak diberi gelombang suara menggunakan alat ini.



Gambar 20. Daun dengan pemberian suara ultrasonik

Pada Gambar 20 menunjukkan bahwa stomata pada daun dapat membuka dengan pemberian suara ultrasonik menggunakan alat ini.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis alat pembuat tugas akhir ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat dapat secara otomatis membangkitkan gelombang suara sesuai parameter yang telah diatur oleh pengguna.
2. Frekuensi untuk pemberian gelombang suara pada tanaman melalui antarmuka LCD 16x2 dan tombol.
3. Pembacaan kesalahan pembacaan tegangan sebesar 3,57% dan kesalahan pembacaan suhu sebesar 0.1°C.
4. Konsumsi daya alat pada saat *standby* sebesar 0,475 Watt dan konsumsi pada saat alat membangkitkan suara sebesar 2,125 Watt.
5. Alat pembangkit gelombang suara otomatis ini dapat bekerja dengan baik dalam implementasi di lapangan.
6. Alat pembangkit gelombang suara otomatis ini mampu merangsang stomata pada tanaman jagung untuk membuka.
7. Penggunaan energi terbarukan yaitu menggunakan panel surya untuk pengisi ulang daya aki menjadikan alat ramah lingkungan.
8. Penggunaan komponen yang mengonsumsi daya paling sedikit menjadikan alat efisien dalam konsumsi daya.

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian dan analisa terhadap alat dalam pembuatan tugas akhir ini, alat masih memerlukan penyempurnaan, karena itu diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Alat ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menyempurnakan dari sisi desain maupun komponen yang digunakan.
2. Penambahan fitur seperti kontrol dan monitoring dari jarak jauh.
3. Pengujian alat lebih lanjut untuk jenis tanaman yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ghofur, S. A. (2004). Keajaiban tumbuhan, dan manusia pun terkesikap oleh rahasia Tuhan. *Secret Life of The Plant*, 402(Terjemahan dari Tompkins, P and C. Bird).
- Utomo, Sunarto, Supartoto, Farid, N., & Surjiti, A. (2002). Kaji Tindak Penerapan Teknologi Sonic Bloom untuk Meningkatkan Produksi Kedelai. In *Seminar Penerapan Teknologi Sonic Bloom di Jawa Tengah* (p. 12). Ungaran: BPTP Jateng.

Yulianto. (2006). Sonic Bloom Sebagai Alternatif Teknologi Terobosan Untuk Meningkatkan Produktivitas Padi. *Agrosains*, 8, 87–90.

Yulianto. (2008a). Penerapan Teknologi Sonic Bloom dan Pupuk Organik untuk Peningkatan Produksi Bawang Merah (Studi Kasus Bawang Merah di Brebes, Jawa Tengah). *J. Argoland*, 15, 148–155.

Yulianto. (2008b). Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Gelombang Suara dan Nutrisi Rumput Laut pada Cabai Merah. *J. Agroland*, 15, 1–6.

Yulianto, H, B., Simanjuntak, Sumardi, & Utomo. (2004). Sonic Bloom Sebuah Terobosan Menuju Pertanian Masa Depan. In *RAKORNAS ICMI*. Semarang.