

LAPORAN HASIL

PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

(Development and Upgrading of Seven Universities in Improving the Quality and Relevance of Higher Education in Indonesia)

MODEL PENGUATAN RELEVANSI KURIKULUM SMK PERTANIAN MELALUI RANCANG BANGUN *SMART CHIP AUDIO ORGANIC GROWTH SYSTEM (SC-AOGS)* SEBAGAI *INPUT DEVICE* PEMBUKAAN STOMATA PADA PEMUPUKAN DAUN (FOLIAR) TANAMAN PERKEBUNAN KOMODITAS EKSPOR



Oleh:

Wispar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D. (NIDN. 0029018001)

Nur Kadarisman, M.Si. (NIDN. 0005026406)

Purwanti Widhy Hastuti, M.Pd (NIDN. 0030078302)

Dibiayai oleh :

DIPA Direktorat Penelitian Pengabdian Kepada Masyarakat

Nomor DIPA : 023.04.1.673453/2015, tanggal 14 November 2014, DIPA revisi 01 tanggal 03

Maret 2015 Nomor : 062/SP2H/PL/DIT.LITABMAS/II/2015 tanggal 05 Februari 2015

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
NOPEMBER 2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Model Penguatan Relevansi Kurikulum SMK Pertanian Melalui Rancang Bangun Smart Chip Audio Organic Growth System (SC-AOGS) Sebagai Input Device Pembukaan Stomata pada Pemupukan Daun (Foliar) Tanaman Perkebunan Komoditas Ekspor

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : WISPAR SUNU BRAMS DWANDARU S.Si.,M.Sc., Ph.D

Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

NIDN : 0029018001

Jabatan Fungsional : Lektor

Program Studi : Fisika

Nomor HP : 082160580833

Alamat surel (e-mail) : wipsarian@uny.ac.id

Anggota (1)

Nama Lengkap : Drs. NUR KADARISMAN M.Si.

NIDN : 0005026406

Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Anggota (2)

Nama Lengkap : S.Pd. PURWANTI WIDHY HASTUTI M.Pd.

NIDN : 0030078302

Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Institusi Mitra (jika ada) : -

Nama Institusi Mitra : -

Alamat : -

Penanggung Jawab : -

Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun

Biaya Tahun Berjalan : Rp 82.500.000,00

Biaya Keseluruhan : Rp 150.000.000,00

Mengetahui,
Ketua LPPM UNY



(Prof. Dr. Anik Ghufro)
NIP/NIK 19621111988031001



Yogyakarta, 10 - 11 - 2015
Ketua,



(WISPAR SUNU BRAMS DWANDARU
S.Si.,M.Sc., Ph.D)
NIP/NIK 198001292005011003

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya, sehingga pada akhirnya tim Peneliti Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi dapat menyelesaikan penyusunan laporan akhir ini. Laporan Penelitian dengan judul **MODEL PENGUATAN RELEVANSI KURIKULUM SMK PERTANIAN MELALUI RANCANG BANGUN SMART CHIP AUDIO ORGANIC GROWTH SYSTEM (SC-AOGS) SEBAGAI INPUT DEVICE PEMBUKAAN STOMATA PADA PEMUPUKAN DAUN (FOLIAR) TANAMAN PERKEBUNAN KOMODITAS EKSPOR** ini disusun untuk mempertanggungjawabkan perolehan dana guna memenuhi salah satu Akuntabilitas pelaksanaan program Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi melalui Lembaga Penelitian Universitas Negeri Yogyakarta. Pada kesempatan ini, penghargaan dan ucapan terimakasih tim Peneliti berikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan berupa saran, dukungan sehingga terselesaikannya penelitian dan laporan ini. Penghargaan dan terimakasih disampaikan kepada :

1. Bapak Dr. Hartono selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta atas dukungan motivasi dari pembuatan proposal hingga laporan akhir.
2. Bapak Prof. Dr Anik Ghufroon selaku ketua Lembaga Penelitian, Universitas Negeri Yogyakarta atas koordinasinya untuk dapat memfasilitasi seminar proposal hingga hasil.
3. Bapak/ibu Guru SMK N-2 Yogyakarta dan SMK N Pandak Bantul atas fasilitas yang disediakan dan koordinasinya sehingga Penelitian dapat berjalan dengan lancar.
4. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan baik tenaga, moral maupun material.

Semoga bantuan tenaga, moral maupun material selama Penelitian hingga terselesaikannya laporan ini menjadi amal baik sebagai ibadah dan akan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penyusun menyadari kekurangan yang ada dan mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata penyusun berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, Nopember 2015

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
ABSTRAK	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Tujuan Kegiatan	5
C. Keluaran yang Diharapkan	6
D. Urgensi Penelitian	8
BAB II STUDI PUSTAKA	10
A. Teknologi Audio Organic Growth System (AOGS)	10
B. Karakteristik Tanaman Kentang	11
C. Pengaruh Frekuensi Akustik Terhadap Tanaman	14
D. Teknologi Gelombang Suara	15
E. Analisis dan Sintesis Bunyi	17
BAB III METODE PENELITIAN	25
A. Tahapan Aktivitas Penelitian dan Alat yang Digunakan	25
B. Hasil Analisis Data	25
BAB IV HASIL PENELITIAN	27
BAB V KESIMPULAN	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	44

ABSTRAK

Wispar Sunu Bram D., Nur Kadarisman, Purwanti Widhy hastuti
wisparian@uny.ac.id
Jurusan Pendidikan Fisika, Program Studi Fisika, UNY

Kompetensi keahlian agribisnis tanaman perkebunan merupakan program pendidikan pada SMK Pertanian, berisi sekumpulan bahan pembelajaran yang memfokuskan pada keahlian teknis dan manajerial tanaman perkebunan, yang mencakup tanaman perkebunan tahunan dan tanaman perkebunan semusim. Hal ini sangat relevan dengan penelitian payung di Laboratorium Fisika Akustik FMIPA UNY tentang pemanfaatan teknologi gelombang akustik dalam bidang pertanian yang diaplikasikan untuk peningkatan ketahanan pangan, dimana telah berhasil mendapatkan suatu hasil penelitian dalam bidang rekayasa dan modifikasi teknologi audio (AOGS; *Audio organik growth system*) terpadu antara pemupukan daun (*foliar*) dengan optimasi variabel intensitas audio, yaitu frekuensi dan intensitas optimum untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman yang sejalan dengan upaya peningkatan ketahanan pangan. Kendala utama dalam penerapan dilapangan pada penelitian sebelumnya adalah perangkat elektronik yang digunakan belum praktis dan *compatible* sehingga secara teknis petani harus memasang dan memindahkan perangkat audio yang terdiri dari *audio player* dan *speaker* yang cukup berat. Oleh karena itu, dalam penelitian tahap pertama ini telah dihasilkan instrumentasi Smart Chip-AOGS (SC-AOGS) dengan komponen TDA2003 sebagai penguat audio, WT5001 sebagai penyimpan dan pemutar audio, ATMega328 kecepatan 16 MHz sebagai prosesor, speaker sebagai peng-ouput dari suara dan LCD Matrik ukuran 16x2 yang men-display sumber frekuensi output yang dipaparkan, pengaturan volume suara. Instrumen SC-AOGS ini telah dibuat standar kompetensi dan kompetensi dasar untuk mata pelajaran ekstra kulikuler siswa SMK yang relevan dengan silabus kurikulum SMK jurusan Elektronika dan Pertanian. Hasil dari penguatan kurikulum SMK ini diharapkan SC-AOGS dapat diproduksi oleh siswa SMK elektronika dan siap digunakan sebagai media praktek di SMK pertanian untuk men-drive suara pada tanaman tertentu sehingga pertumbuhan dan produksinya meningkat.

BAB I

PENDAHULUAN

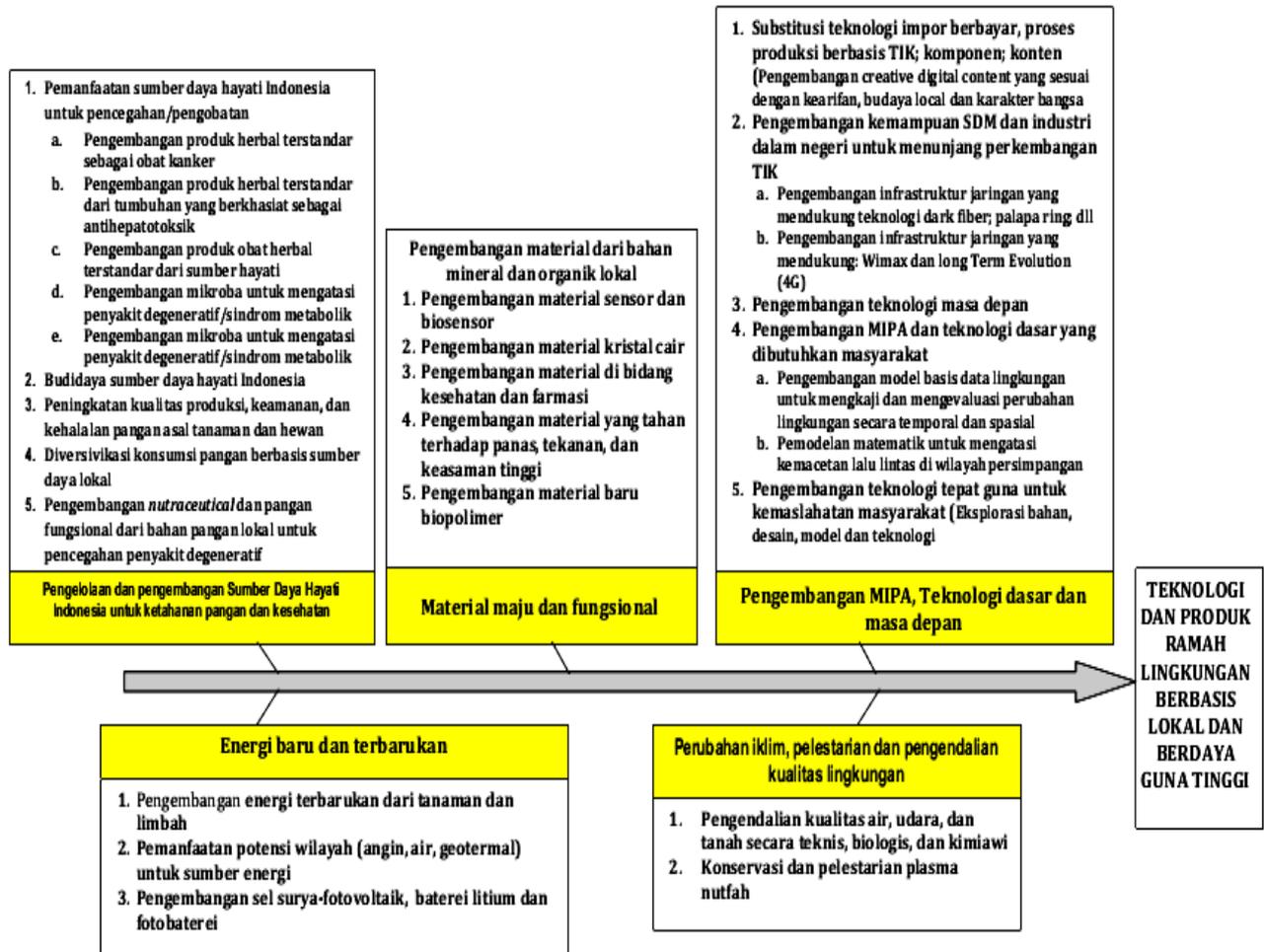
A. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan akan tenaga ahli di bidang perkebunan dewasa ini sangatlah tinggi, seiring dengan semakin berkembangnya agrobisnis yang merambah pasar ekspor. Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) sebagai lembaga pendidikan tingkat menengah memiliki peranan yang sangat strategis dalam memenuhi kebutuhan akan tenaga kerja terampil khususnya di bidang pertanian dan perkebunan yang dapat menjadi ujung tombak bagi pengembangan agrobisnis. Kompetensi keahlian agribisnis tanaman perkebunan merupakan program pendidikan pada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Pertanian, yang berisi sekumpulan bahan pembelajaran yang memfokuskan pada keahlian teknis dan manajerial tanaman perkebunan, yang mencakup tanaman perkebunan tahunan (kelapa sawit, tanaman pangan, kopi, kakao, dll) dan tanaman perkebunan semusim (kapas, tebu, tembakau, dll).

UNY sebagai bagian dari *magistratum scholarum*, yaitu lembaga terhormat yang di dalamnya adalah sekumpulan ilmuwan, cendekiawan, dan siswa SMK Pertanian. Sivities akademika UNY dituntut agar selalu berusaha meningkatkan keunggulan-keunggulan di bidang pendidikan, ilmu dasar, terapan, dan bidang lain. Upaya memunculkan keunggulan UNY ini tertuang dalam Roadmap Penelitian UNY khususnya dalam bidang MIPA dan teknik yang tertuang dalam gambar 1 di halaman berikutnya. Salah satu bidang unggulan UNY adalah Pengelolaan dan Pengembangan Sumber Daya Hayati Indonesia untuk Ketahanan Pangan dan Kesehatan,

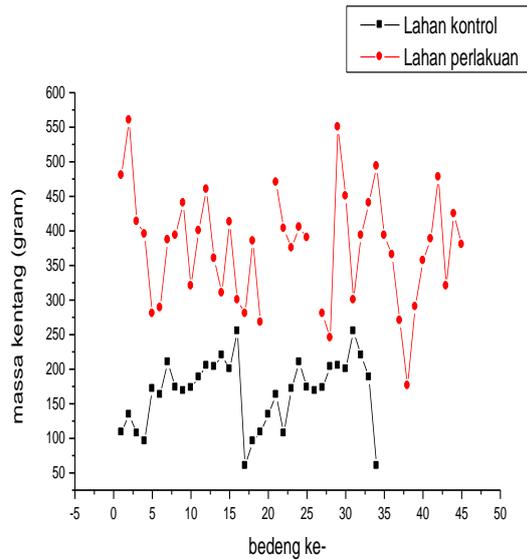
UNY sebagai salah satu lembaga pencetak calon guru, termasuk di SMK harus mampu memenuhi kebutuhan akan tuntutan kompetensi unggulan yang salah satunya di bidang agrobisnis. Tantangan ini tentu saja harus dijawab tidak hanya sekedar melalui pengembangan keilmuan yang sifatnya teoritik, tetapi harus mengarah pada upaya menghasilkan *bestpractice* yang dapat dijadikan model unggulan yang sekaligus memperkokoh peranan UNY secara Nasional. Untuk itu diperlukan program penelitian unggulan yang berorientasi pada upaya menghasilkan *bestpractice* yang kedepannya memungkinkan untuk dapat menambah/income generating universitas. Pada prinsipnya program penelitian unggulan adalah program yang mampu mendeteksi, menguji, dan menghasilkan karya-karya berkualitas yang mempunyai kelayakan nilai jual dalam rangka sosialisasi produktivitas UNY. Di samping itu, melalui karya yang dihasilkan program penelitian unggulan ini diharapkan dapat merupakan indikator dinamika dan komitmen sivities akademika terhadap pelaksanaan tridharma perguruan tinggi yang sekaligus

merupakan daya dukung terhadap munculnya karya-karya unggulan lainnya yang lebih berkualitas. Untuk dapat mewujudkan kerja besar ini, diperlukan kerjasama strategis dengan berbagai pemangku kepentingan yang memiliki akses kuat terhadap peningkatan kualitas pendidikan.

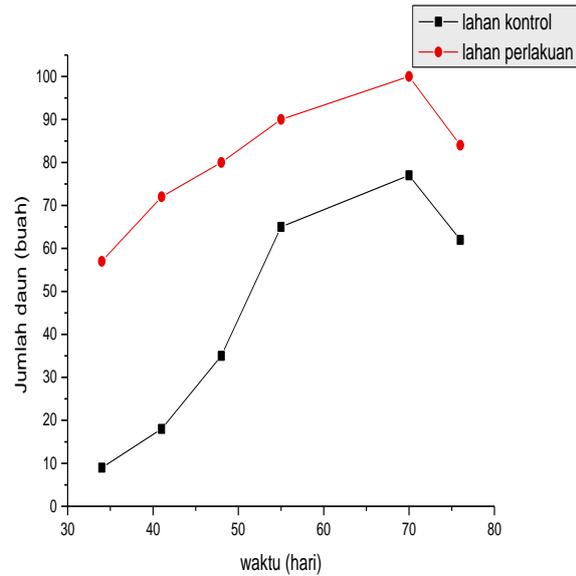


Gambar 1. Roadmap Bidang Ilmi MIPA dan Teknik

Permasalahan mendasar dalam mewujudkan roadmap penelitian bidang ilmu MIPA dan Teknik adalah bagaimana menghasilkan penelitian yang berkualitas dan memiliki kegunaan yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat secara langsung. Oleh karena itu salah satu penelitian unggulan yang sedang dikembangkan melalui kegiatan penelitian payung di Laboratorium Fisika Akustik FMIPA UNY adalah tentang pemanfaatan *Audio Organic Growth System* yang berbasis frekuensi binatang alamiah lokal untuk peningkatan produktivitas tanaman. Salah satu hasil penelitian payung yang telah dilakukan tim peneliti sebelumnya tentang pemanfaatan teknologi audio pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) mendapatkan hasil yang sangat memuaskan dalam peningkatan kualitas dan produktivitas hasil panennya. Hal ini dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 1. Grafik Panen hubungan bedeng dengan massa kentang



Gambar 2. Grafik Hubungan jumlah daun kentang dengan waktu

Dari grafik terlihat peningkatan yang sangat signifikan dari produktivitas tanaman eksperimen yang diberi perlakuan menggunakan teknologi AOGS dengan karakteristik bunyi binatang local dibandingkan dengan tanaman kontrol. Hasil ini sangat menunjang upaya peningkatan ketahanan pangan karena mampu meningkatkan produktivitas tanaman, dan ini dalam kegiatan awal mampu juga untuk meningkatkan produktivitas tanaman perkebunan sebagai komoditas ekspor seperti kopi, teh, kako dan lainnya yang diprioritaskan untuk dikembangkan dan berpotensi untuk dipasarkan di dalam negeri dan diekspor.

Secara umum penelitian tentang efek audio binatang alamiah terhadap produktivitas dan kualitas hasil tanaman pangan memang masih belum biasa dilakukan. Namun demikian secara empirik riset yang berkaitan dengan ini telah dilakukan oleh melalui program payung Labratorium Fisika Akustik FMIPA UNY. Salah satu penelitian yang mendasari usulan penelitian ini adalah penelitian pendahuluan yang dilakukan tim peneliti dengan melibatkan siswa SMK Pertanian yang sedang menyusun skripsi. Pada penelitian eksperimen yang melibatkan tanaman eksperimen dan tanaman kontrol itu, didapatkan suatu hasil yang cukup signifikan tentang pengaruh gelombang akustik terhadap karakteristik morfologis dan laju pertumbuhan tanaman pangan. Karakteristik morfologi dan laju pertumbuhan tanaman yang diteliti meliputi; tinggi tanaman, diameter batang, jumlah ranting, panjang dan lebar daun. Analisis hasil panen juga menunjukkan bahwa hasil panen umbi kentang pada kelompok eksperimen lebih berat. (16.6 ± 0.1) kg per 25 tanaman sedangkan kelompok kontrol adalah (13.0 ± 0.1) kg per 25 tanaman. Hasil uji perbedaan rata-rata tanaman kontrol dan tanaman

eksperimen menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan nilai sig.(2-tailed) lebih kecil dari 0,05.

Berdasarkan hasil analisis pendahuluan dari tim peneliti diperkirakan dapat meningkatkan produktivitas minimal 100% (2 x lipat penanaman biasa). Karena perkembangan morfologi tanaman dan produktivitasnya meningkat secara signifikan maka diperkirakan dalam jangka waktu tanam 7-8 bulan hasil penelitian telah dapat terlihat. Data yang digunakan untuk menganalisis pertumbuhan tanaman kentang melalui perhitungan berbagai karakteristik tumbuh tanaman kentang adalah data periodik bobot kering total tanaman, luas daun, dan bobot kering umbi, di samping satuan luas yang dipakai (Djajasukanta, 1987). Berdasarkan indikasi awal yang sangat menjanjikan untuk dapat diaplikasikan tersebut, maka akan dikembangkan suatu teknologi terpadu yang didasarkan pada hasil penelitian intensif tentang karakteristik fisis gelombang akustik yang akan digunakan, meliputi optimasi variabel intensitas audio, waktu paparan, dan spesifikasi frekuensi resonansi binatang khas Indonesia.

Permasalahan yang masih mengganggu dan dirasa kurang praktis dalam pelaksanaannya serta perangkat elektronik yang dirasa masih cukup mahal untuk kalangan petani. Hal ini tentu saja merupakan satu hal yang harus diatasi sehingga teknologi ini menjadi lebih sederhana, murah dan praktis digunakan di lahan pertanian. Kendala utama dalam penerapan di lapangan pada penelitian sebelumnya adalah perangkat elektronik yang digunakan belum praktis dan compatible sehingga secara teknis petani harus memasang dan memindahkan perangkat audio yang terdiri dari audio player dan speaker yang cukup berat. Kendala ini perlu ditindaklanjuti dengan melibatkan teknologi terpadu (penggunaan gelombang akustik untuk pembukaan stomata daun dan pemberian pupuk) akan memberikan hasil yang lebih optimal. Karena itu pada penelitian unggulan perguruan tinggi dengan dana dari IDB ini akan dikembangkan perangkat teknologi gelombang akustik yang kecil dan praktis tapi memiliki kapasitas tinggi (SC-AOGS; *Smart Chips Audio Organic Growth System*) yang lolos uji lapangan sehingga layak untuk mendapatkan paten atas Hak Kekayaan Intelektual (HAKI) sehingga meningkatkan kualifikasi Universitas Negeri Yogyakarta untuk menuju *World Class University* (WCU). Disamping itu sebagai sasaran antara yang strategis untuk menyebar luaskan teknologi tepat guna yang sangat ramah lingkungan ini, maka dengan memsukkannya dalam keterampilan unggulan bagi SMK pertanian sangatlah tepat.

B. Tujuan Kegiatan

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suatu hasil penelitian dalam bidang rekayasa dan modifikasi teknologi teknologi (SC-AOGS) terpadu antara pemupukan daun (*foliar*) dengan optimasi variabel intensitas audio, waktu papar, dan spesifikasi frekuensi resonansi binatang khas indonesia untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman pangan. Hal ini sejalan dengan upaya peningkatan ketahanan pangan serta berupaya merealisasikan kemitraan penelitian antara UNY dengan sekolah kejuaraan dan riset unggulan di bidang ketahanan pangan yang memiliki potensi tinggi sebagai komoditas ekspor.

Berdasarkan tujuan umum tersebut maka secara khusus tujuan penelitian ini adalah:

1. menghasilkan kompetensi unggulan bagi lulusan SMK pertanian dalam rancang bangun dan implementasi perangkat teknologi gelombang akustik yang kecil dan praktis tapi memiliki kapasitas tinggi (SC-AOGS; *Smart Chips Audio Organic Growth System*) untuk pemupukan daun bersama (*foliar*) yang memiliki karekteristik khusus untuk tanaman pangan tertentu,
2. meningkatkan produktivitas tanaman pangan yang dilihat dari indikator hasil panen yang mengalami peningkatan serta indikator lainnya berupa laju pertumbuhan tanaman perkebunan komoditas ekspor dilihat dari aspek morfologinya, dan
3. mendesain dan membuat perangkat SC-AOGS yang memiliki spesifikasi khusus sehingga menjadi hak Kekayaan Intelektual (HAKI) yang layak dipatenkan sekaligus dapat dipasarkan secara masal (*marketable*).

Tujuan ini dapat dicapai melalui tahapan sebagai berikut:

1. Melibatkan SMK dalam penerapan kompetensi unggulan dalam melakukan rancang bangun teknologi terpadu antara pemupukan daun (*foliar*) yang kecil dan praktis tapi memiliki kapasitas tinggi (SC-AOGS; *Smart Chips Audio Organic Growth System*) dengan optimasi variabel intensitas audio, waktu papar, dan spesifikasi frekuensi resonansi binatang khas indonesia disesuaikan dengan karakteristik tanaman tanaman pangan.
2. Menerapkan teknik sintesis bunyi dalam uji lapangan di Kecitren Pakem Sleman untuk menguji frekuensi akustik dan amplitudo bunyi (SC-AOGS; *Smart Chips Audio Organic Growth System*) yang paling efektif mempengaruhi pembukaan stomata daun tanaman pangan.
3. Melakukan spesifikasi frekuensi gelombang bunyi agar benar-benar didapatkan frekuensi yang tepat dan khas untuk tanaman pangan.

4. Melakukan spesifikasi komposisi amplitudo gelombang bunyi agar benar-benar didapatkan amplitudo yang tepat dan khas untuk tanaman kentang.
5. Melakukan spesifikasi waktu *treatment* (waktu mulai dan durasi waktu penerapan) gelombang bunyi agar benar-benar didapatkan waktu *treatment* yang tepat dan khas untuk tanaman pangan.
6. Melakukan analisis terhadap dampak aplikasi teknologi pemupukan terpadu ini pada produktivitas dan kualitas tanaman pangan, sebagai bahan rekomendasi pada kebijakan pangan nasional.

C. Keluaran yang Diharapkan

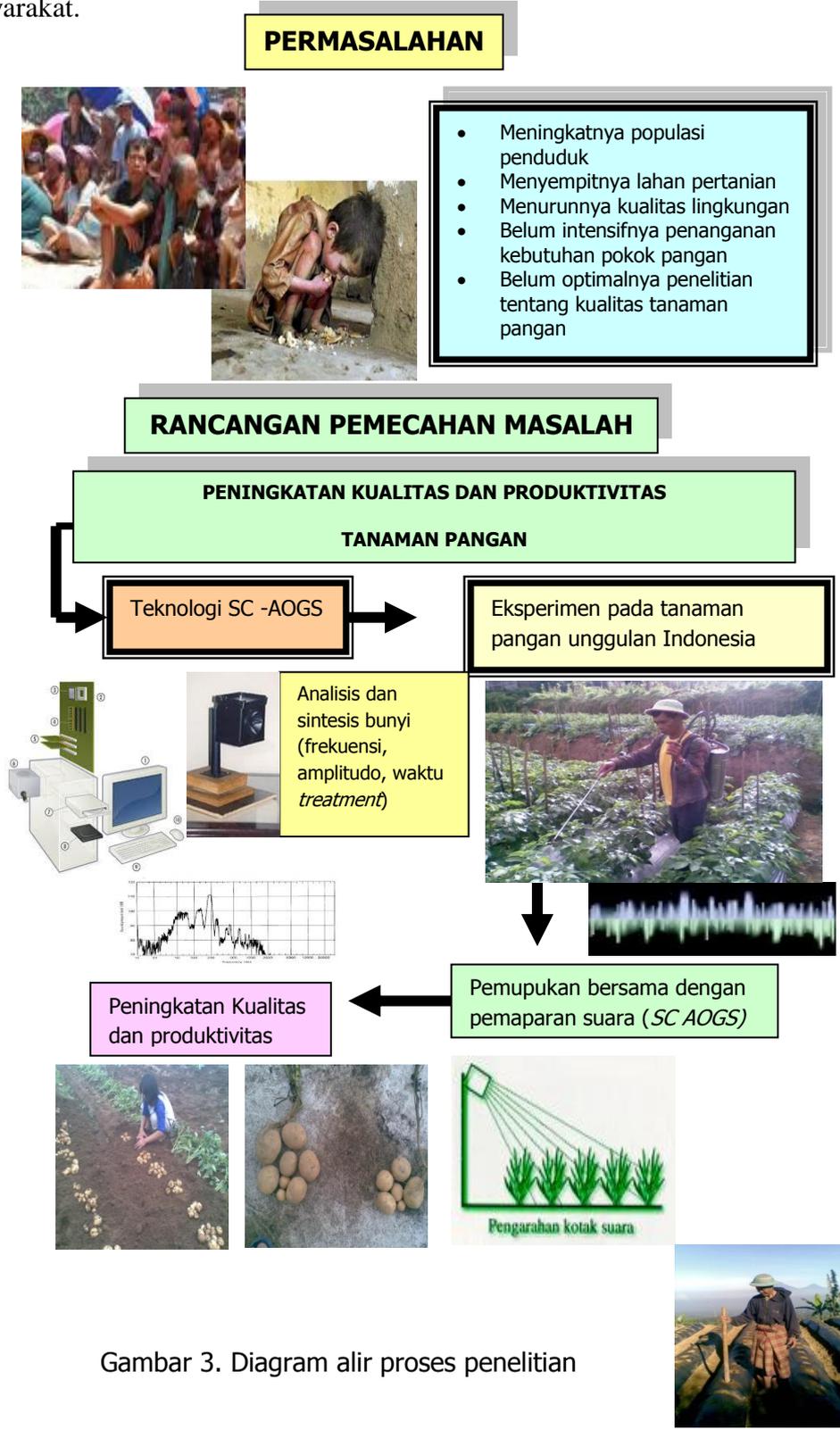
Program Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi dana IDB ini diharapkan akan menghasilkan luaran yang bermanfaat bagi peningkatan daya saing bangsa khususnya dalam upaya peningkatan ketahanan pangan, antara lain berupa:

1. **Temuan baru berupa invensi yang dapat dipatenkan.** Karena terdapat rekayasa dan modifikasi yang sangat khusus pada variabel fisis tertentu (frekuensi, binatang alamiah khas lahan pertanian Indonesia, intensitas, dan waktu papar) yang spesifik untuk tanaman pangan, maka tentu saja hasil penelitian ini memiliki potensi untuk dipatenkan.
2. **Publikasi artikel ilmiah pada jurnal internasional (*Journal of Applied Physics*).** Modifikasi variabel fisis dan karakteristik khas alamiah Indonesia untuk jenis tanaman pangan yang spesifik sangat memungkinkan untuk dijadikan artikel publikasi jurnal internasional, apalagi ada unsur rekayasa pada bagian teknologinya.
3. **Teknologi tepat guna.** Rekayasa yang dilakukan dengan modifikasi frekuensi, intensitas dan waktu *treatment* adalah sangat berguna bagi upaya peningkatan produktivitas dan kualitas tanaman pangan.

Disamping itu penelitian ini juga memiliki kegunaan sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang dapat menyelesaikan masalah bangsa dan masyarakat dengan fokus bidang prioritas ketahanan pangan.
2. Memberikan peluang yang lebih tinggi pada terjadinya sinergi antara peneliti di perguruan tinggi dengan di pengembangan kompetensi sekolah kejuruan khususnya SMK Pertanian yang masih minim dalam penerapan teknologi tepat guna.
3. Dapat meningkatkan kualitas materi perkuliahan dengan adanya pengayaan dengan cara dimasukkannya hasil-hasil penelitian sebagai materi bahan ajar

4. Mendorong perguruan tinggi untuk dapat memanfaatkan fasilitas, dosen, dan laboratorium selain untuk proses pembelajaran dapat dimanfaatkan untuk penelitian yang dapat berguna bagi negara dan bangsa
5. Meningkatkan, menguatkan, dan menjaga kesinambungan periset dan institusi untuk melaksanakan Riset Sinergi antara SMK dan Perguruan Tinggi.
6. Mengembangkan keilmuan terkini dan pemanfaatannya untuk kesejahteraan masyarakat.



Gambar 3. Diagram alir proses penelitian

D. Urgensi Penelitian

Teknologi yang akan dikembangkan dalam penelitian adalah teknik untuk menyuburkan tanaman menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi antara 3.500 Hz-5.000 Hz dan dipadu nutrisi organik melalui daun. Teknologi ini pada dasarnya merupakan cara pemupukan daun (*foliar*) dengan pengabutan larutan pupuk yang mengandung trace mineral yang digabungkan serentak bersama gelombang suara frekuensi tinggi. Mulut daun hanya membuka dan menutup oleh perintah satu organ yang disebut *guard cell*. Perintah ini muncul sebagai respons terhadap kelembaban, suhu, dan atau cahaya. Gelombang suara merupakan gerakan mekanis yang mampu menggetarkan semua materi yang dilaluinya dengan frekuensi yang sama, peristiwa ini disebut resonansi. Resonansi yang terjadi ini akan menggetarkan molekul nutrisi di permukaan daun, sehingga mengintensifkan penetrasinya melalui stomata atau mulut daun. Di setiap daun ada ribuan pori-pori kecil ini. Setiap stomata yang lebarnya kurang dari 1/1.000 inchi memungkinkan oksigen dan air memasuki daun (transpirasi), sementara gas-gas lainnya, terutama CO₂, juga melalui jalan ini untuk berlangsungnya proses fotosintesis menghasilkan zat makanan bagi tumbuhan. Selama kondisi kering, stomata ini akan tertutup untuk mencegah layunya tumbuhan akibat kekeringan.

Hasil yang tampak secara visual, yaitu sebagai efek pemberian energi suara akustik, berfrekuensi kompleks, serta dengan tingkat energi yang bervariasi. Jika pemakaiannya tepat, maka rangsangan suara ini mampu menstimulir metabolisme sel-sel tanaman. Akibatnya terjadi peningkatan penyerapan nutrisi dan uap air lewat daun. Efek yang paling menakjubkan adalah pertumbuhan serta produksi tanaman yang luar biasa. Nutrisi pupuk daun terbuat dari bahan dasar rumput laut, dan mengandung asam giberelat (*gibberelic acid*) yang mempercepat pertumbuhan tanaman, serta asam amino dan berbagai trace mineral seperti Ca, K, Mg, Zn, sehingga bersifat *total organik*.

Dalam penelitian ini, objek penelitian yang digunakan adalah tanaman pangan *varietas Granola* generasi ke dua (G2). Dipilih tanaman kentang karena kentang merupakan salah satu komoditas agribisnis di negara-negara subtropis dan tropis. Di Indonesia, kentang merupakan salah satu jenis sayuran yang mendapat prioritas penelitian dan pengembangan. Kentang merupakan salah satu sumber karbohidrat, sehingga menjadi komoditas penting. Pengembangan agribisnis kentang sangat strategis, menunjang program penganekaragaman (diversifikasi) pangan, meningkatkan ekspor non-migas dan bahan baku industri pangan, serta mempunyai nilai potensi ekonomi yang tinggi (Rahmat Rukmana, 2002: 7).

Berdasarkan dari adanya ide bahwa frekuensi bunyi dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman untuk berkembang biak dan mampu menyerap lebih banyak nutrisi, maka dilakukan penelitian ini. Dengan nilai *prominent frequency* yang digunakan untuk *men-drive* tanaman berada pada rentang frekuensi 3000 Hz-5000 Hz. Kisaran frekuensi tersebut sesuai dengan rentang frekuensi yang digunakan dalam teknik *Audio Organic Growth System (AOGS)*. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Dan Carlson (1994) Amerika Serikat, ditetapkan gelombang suara yang paling cocok untuk mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah bunyi dengan frekuensi 3000 Hz-5000 Hz. Gelombang suara ini ditemukan pada tahun 1972 dan dipatenkan dengan nama *Audio Organic Growth System (AOGS)*.

BAB II

STUDI PUSTAKA

A. Teknologi *Audio Organic Growth System* (AOGS)

Di Indonesia, teknologi *Audio Growth System* (AOGS) diadaptasi pertama kali oleh para petani di Jawa Barat pada tahun 1997. Kemudian, baru diperkenalkan di Jawa Tengah, pada awal tahun 2001. Kabupaten Brebes pada tahun 2002 telah mencobanya dan terjadi peningkatan mutu tanaman bawang merah di Desa Klampok Brebes. Departemen pertanian juga telah melakukan verifikasi dan pemantapan teknologi *sonic-bloom* pada padi gogo di Blora dan sayuran di Temanggung. Namun demikian, terdapat beberapa permasalahan mendasar terkait dengan masih mahalanya teknologi import yang digunakan tersebut, baik instrumen maupun bahan nutrisinya. Sebagai contoh Model Kit I yang termurah ditawarkan \$ 1,075.00 (setara dengan Rp. 10.750.000,00), belum pajak dan ongkos kirim (www.originalsonicbloom.com/store.html). Permasalahan lain adalah terkait dengan belum dilakukannya analisis pada beberapa variabel fisis yang dapat memaksimalkan fungsi teknologi terpadu antara pemupukan daun (*foliar*) dengan optimasi variabel intensitas audio, waktu papar, dan spesifikasi frekuensi resonansi binatang khas Indonesia sesuai dengan karakteristik jenis tanaman khas Indonesia dan kondisi lingkungan yang spesifik.

Berdasarkan analisis latar belakang permasalahan dan kajian tentang teknologi yang relevan yang dikembangkan sebelumnya, maka dapat dinyatakan bahwa penelitian ini berbeda dengan penelitian lain yang telah dilakukan. Perbedaan itu terletak pada beberapa hal sebagai berikut; (1). Perangkat teknologi terpadu antara pemupukan daun (*foliar*) dengan optimasi variabel intensitas audio, waktu papar, dan spesifikasi frekuensi resonansi binatang khas Indonesia ini, disusun dan dikembangkan sendiri oleh tim peneliti disesuaikan dengan karakteristik tanaman kentang dan kondisi alamiah di Indonesia, (2). Penelitian ini melakukan penerapan teknik analisis dan sintesis bunyi untuk mendapatkan warna bunyi spesifik dari binatang alamiah yang dapat mempengaruhi pembukaan stomata daun kentang, dan (3). Difokuskan pada upaya spesifikasi frekuensi, intensitas, dan waktu *treatment* (waktu mulai dan durasi waktu penerapan) agar benar-benar didapatkan variabel fisis yang tepat dan khas untuk tanaman pangan.

Penelitian ini juga berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, karena yang sudah dilakukan selama ini, baru pada tahapan ujicoba teknologi *Audio Organic Growth System* (AOGS) dengan memvariasikan jenis tanaman berbeda, diantaranya seperti yang diteliti oleh: (1). Oliver, Paul. (2002). *Audio Organic Growth System* (AOGS): *Music to*

plants 'stomata'? Countryside and Small Stock Journal,. Vol. 86, no. 4 July/Aug, pp.72-74 (2). Ningsih,S., Purwanto, A., dan Ratnawati (2007). Pengaruh Frekuensi Akustik Suara Serangga "Kinjengtangis" terhadap Lebar Bukaan Stomata Daun dan Pertumbuhan Kacang Tanah. Yogyakarta: FMIPA UNY (3). Siti Latifah (2003). Pertumbuhan Dimensi Tegakan Pangan (*Durio Zibethinus Murr*) Bersama Teknologi *Audio Organic Growth System (AOGS)* Medan: USU. (42). Anwar, H. dan Iriani, E (2004). Kajian Perlakuan Benih Kentang pada Hampan Kaji Terap *Audio Organic Growth System (AOGS)* di Kabupaten Demak. Semarang: BPTP., dan (5). Iriani E. (2004), Verifikasi dan pematapan teknologi *Audio Organic Growth System (AOGS)* pada cabai di Temanggung dan padi gogo di Blora, BPTP Jawa Tengah, dan lain-lain. Agar lebih jelas, kerangka fikir penelitian ini dapat dilihat pada halaman berikut ini.

B. Karakteristik Tanaman Kentang

Pangan merupakan salah satu sumber karbohidrat, sehingga menjadi komoditas penting. Produksi kentang yang tinggi merupakan hasil variasi antara varietas yang unggul dengan faktor lingkungan tumbuh yang cocok (Rahmat Rukamana, 2002: 11). Dengan mengenali syarat tumbuh tanaman kentang, akan memudahkan dalam pemilihan lahan yang paling sesuai untuk budidaya tanaman kentang, agar hasil panennya maksimal (Budi Samadi: 1997: 9).

1. Syarat Tumbuh

Tanaman kentang dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik, apabila di tanam pada kondisi lingkungan yang sesuai dengan persyaratan tumbuhnya.

Keadaan iklim dan tanah merupakan dua hal yang penting untuk diperhatikan, selain faktor-faktor penunjang lainnya (Rahmat Rukmana: 2002: 9).

Ketinggian suatu tempat atau letak geografis berhubungan erat dengan keadaan iklim setempat yang sangat berpengaruh dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Misalnya, keadaan suhu, kelembaban tanah, kondisi udara, curah hujan dan penyinaran cahaya matahari. Sifat fisik tanah seperti porositas (kemampuan dalam mengikat air), aerasi (peredaran oksigen atau udara dalam tanah), drainase tanah, dan derajat keasaman tanah (pH) merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman khususnya dalam penelitian ini adalah tanaman pangan dan pembentukan umbi serta pertumbuhan umbi kentang.

Faktor cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap pembentukan organ vegetatif tanaman, seperti batang, cabang (ranting), dan daun, serta organ generatif

seperti bunga dan umbi. Terbentuknya bagian vegetatif dan generatif ini merupakan hasil proses asimilasi atau fotosintesis yang menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi. Faktor cahaya yang penting untuk pertumbuhan tanaman adalah intensitas cahaya dan lama penyinaran. Semakin besar atau meningkat intensitas cahaya matahari yang dapat diterima tanaman dapat mempercepat proses pertumbuhan tanaman dan pembentukan umbi (Budi Samadi, 1997: 24-26).

Selanjutnya hal yang harus diperhatikan adalah pemilihan varietas kentang yang akan ditanam. Prinsip dasar yang harus diterapkan dalam agribisnis adalah berorientasi pasar (*market oriented*). Dalam budidaya tanaman kentang, pemilihan varietas yang akan ditanam juga harus berorientasi pasar, atau disesuaikan dengan permintaan pasar (konsumen). Di Indonesia, Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang telah mengoleksi plasma nutfah kentang lebih dari 300 nomor klon atau varietas. Namun varietas unggul yang telah dilepas di antaranya varietas *Cosima*, *Desiree*, *Eigenheimer*, *Patrones*, *Rapan 106*, *Cipanas*, *Thung 151 C*, *Segung*, *Katela*, dan *Granola* (Rahmat Rukmana, 2002: 17).

Di antara varietas unggul kentang di atas, varietas kentang yang paling disukai petani dan konsumen (pasar) saat ini adalah *varietas Granola* dan *Atlantic*. Varietas *Granola* mempunyai sifat multiguna, baik untuk konsumen rumah tangga dan konsumen lembaga, maupun sebagai bahan baku industri makanan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan bibit kentang *varietas Granola* generasi ke dua (G2).

2. Penanaman kentang

Waktu tanam yang sesuai sangat berpengaruh terhadap produktivitas tanaman. Di Indonesia dikenal dua musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Keduanya menyebabkan agroklimat yang berbeda dan berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman dan kehidupan biotis lainnya, seperti kehidupan hama dan jasad-jasad renik lain yang bersifat merugikan. Oleh karena itu, pengaturan tanam harus mempertimbangkan kondisi lingkungan dan aspek ekonomis, terutama faktor biotik yang mengganggu (Budi Samadi, 1997: 41). Berdasarkan kondisi lingkungan dan faktor biotik, saat tanam yang tepat untuk tanaman kentang adalah pada musim kemarau. Tepatnya pada akhir musim penghujan sekitar bulan April – Juni.

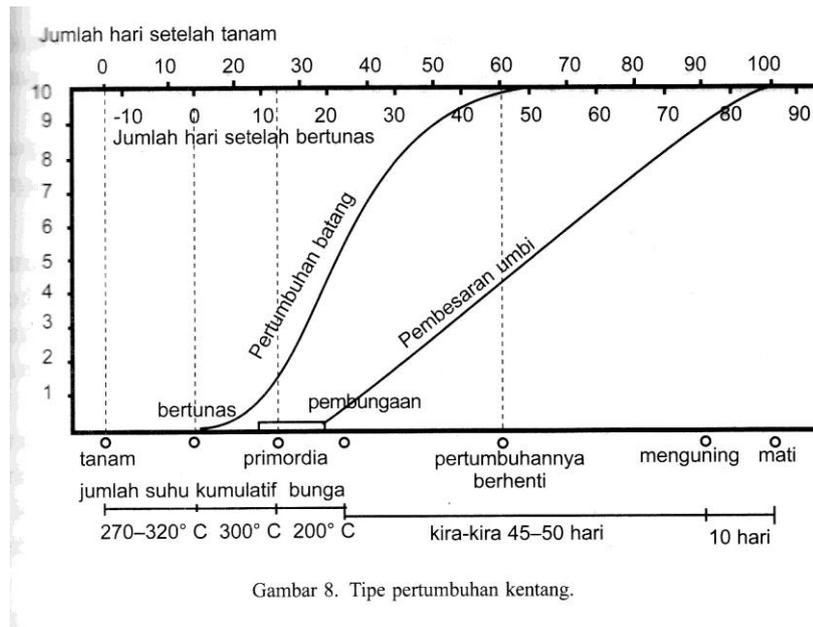
3. Pertumbuhan Tanaman Kentang

Pertumbuhan tanaman kentang dapat dibedakan menjadi tiga stadium pertumbuhan dan pembentukan umbi (Setijo Pitojo, 2004: 36-39). Menurut Direktorat

Bina Perbenihan, Direktorat Jendral Tanaman Pangan dan Holtikultura (1997) dan Eddi Rusbandi (1997), tiga stadium pertumbuhan kentang adalah sebagai berikut:

a. Stadium awal pertumbuhan

Pada stadium awal pertumbuhan, tunas dari bibit akan muncul di atas permukaan tanah, 10 hari – 14 hari masa setelah tanam (mst). Bersamaan dengan pertumbuhan tunas di atas tanah tersebut, tumbuh stolon dari ketiak daun pertama di dalam tanah. Pertumbuhan stolon terus berlanjut hingga mencapai jumlah terbanyak, yakni kira-kira 25 hari setelah tunas muncul ke permukaan tanah.



Gambar 8. Tipe pertumbuhan kentang.

b. Stadium pertumbuhan tertinggi

Masa terbentuknya bunga terjadi kira-kira 20 hari setelah batang tanaman bertunas. Sementara itu, batang tanaman di dalam tanah ujung stolon mulai menebal dan membentuk umbi. Kira-kira 20 hari sampai 25 hari setelah tunas muncul ke permukaan tanah, umbi mulai membesar. Pada stadium ini, jumlah kentang yang akan terbentuk sudah dapat ditentukan.

Pertumbuhan batang paling aktif kira-kira terjadi pada umur 25 hari– 30 hari setelah tunas muncul ke permukaan tanah. Setelah 45 hari –50 hari dari saat tunas

muncul ke permukaan

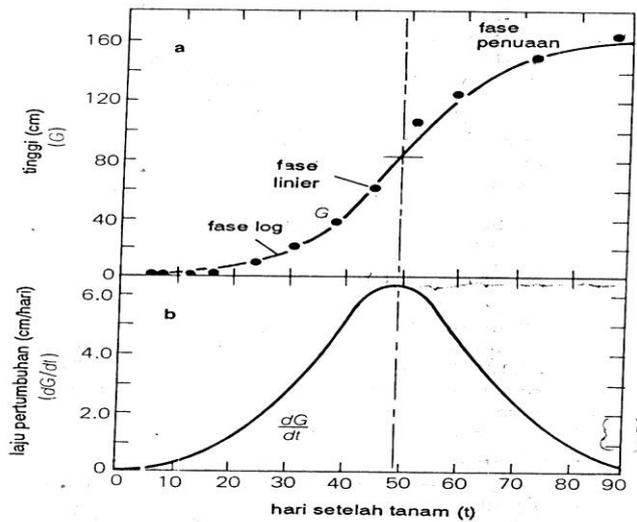
Gambar 2.1. Tipe pertumbuhan tanaman pangan

tanah, pertumbuhan batang terhenti yaitu saat tanaman berumur 70 hari – 75 hari. Pada stadium pertumbuhan tertinggi, daya serap air sangat tinggi. Bila air tidak tersedia dalam jumlah yang cukup maka pertumbuhan di atas permukaan tanah akan berkurang dan produksi menurun.

c. Stadium penyempurnaan umbi

Kira-kira 75 hari setelah tunas muncul ke permukaan tanah, daun kentang mulai menguning. Umbi kentang akan terus membesar sampai daun mati. Sebelum dipanen, batang tanaman dipangkas dan dibiarkan kira-kira 10 hari – 15 hari agar kulit umbi tidak mudah lecet dan terkelupas (Setijo Pitojo, 2004: 36 – 38).

Kurva di bawah ini, menunjukkan ukuran kumulatif sebagai fungsi waktu. Pada kurva pertumbuhan berbentuk-S (sigmoid), terdapat tiga fase utama yang biasanya mudah dikenali, yaitu fase logaritmik, fase linier, dan fase penuaan (Salisbury & Ross, 1995: 14). Ketiga fase tersebut seperti pada **Gambar 2.2** di bawah ini:



Gambar 2.2. (a) Kurva pertumbuhan tanaman berbentuk-S (Sigmoid) dan (b) kurva laju pertumbuhan berbentuk lonceng merupakan turunan pertama atau kemiringan dari kurva pertumbuhan total pada Gambar (a)).

Pada fase logaritmik, ukuran (V) bertambah secara eksponensial sejalan dengan waktu (t). Hal ini berarti bahwa laju pertumbuhan (dV/dt) lambat pada awalnya [**Gambar 2.2(b)**], kemudian meningkat terus. Pada fase linier, penambahan ukuran tanaman berlangsung secara konstan biasanya terjadi pada laju maksimum selama beberapa waktu lamanya. Laju pertumbuhan yang konstan ditunjukkan oleh kemiringan yang konstan pada bagian atas kurva tinggi tanaman dan oleh bagian mendatar kurva laju tumbuh di bagian bawah. Fase penuaan dicirikan oleh laju pertumbuhan yang menurun **Gambar 2.2(b)**, terjadi saat tumbuhan sudah mencapai kematangan dan mulai menua.

C. Pengaruh Frekuensi Akustik Terhadap Tanaman

Gelombang bunyi merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat yang saling beradu satu sama lain. Namun demikian, zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi tetapi tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992: 166). Gelombang adalah suatu getaran yang merambat, yang membawa energi dari satu tempat ke tempat lainnya (Sutrisno, 1979: 140). Dengan kata lain bunyi mempunyai energi, karena bunyi merupakan salah satu bentuk gelombang yang memiliki kemampuan untuk menggetarkan partikel-partikel yang dilaluinya. Energi atau getaran yang dihasilkan oleh sumber bunyi tersebut mempunyai efek terhadap suatu tanaman, yaitu mampu untuk membuka stomata daun. Getaran dari suara akan memindahkan energi ke permukaan daun dan akan menstimulasi stomata daun untuk membuka lebih lebar.

Sumardi *et.al* (2002) dalam (Supriaty Ningsih, 2007: 25) menyatakan bahwa pada dasarnya frekuensi akustik dapat memperpanjang periode pembukaan stomata yang dapat mengakibatkan proses transpirasi terus berlangsung, sehingga memperpanjang pula masa penyerapan unsur hara sebagai penyeimbang transpirasi. Pembukaan stomata karena pengaruh frekuensi akustik mampu meningkatkan tekanan osmotik pada protoplasma sel penjaga, di mana sel penjaga merupakan salah satu bagian yang terdapat dalam stomata sehingga sel penjaga akan menggembung karena banyak menyerap air. Salisbury dan Ross (1995: 85) menyatakan bahwa yang mendorong sel penjaga menyerap air dan menggembung adalah tekanan osmotik protoplasma sel penjaga lebih kecil daripada sel di sekitarnya, yang menyebabkan air mengalir ke dalam sel penjaga. Selanjutnya mengakibatkan naiknya tekanan osmotik dan sel menggembung sehingga stomata membuka.

Dengan membukanya stomata yang lebih lebar berarti penyerapan unsur hara dan bahan-bahan lain di daun menjadi lebih banyak jika dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan frekuensi akustik. Membukanya stomata menyebabkan gas oksigen O₂ terdifusi keluar dan gas karbondioksida CO₂ masuk ke dalam sel sebagai bahan untuk melakukan proses fotosintesis dengan bantuan cahaya matahari (Salisbury dan Ross, 1995: 89). Dari proses fotosintesis ini secara langsung akan berpengaruh terhadap proses respirasi, karena bahan utama proses respirasi adalah karbohidrat yang dihasilkan oleh proses fotosintesis. Proses respirasi inilah yang akan menghasilkan energi dalam bentuk ATP (*Adenosin Tri Phospate*).

D. Teknologi Gelombang Suara

1. Pengertian *Audio Organic Growth System* (AOGS)

Audio Organic Growth System (AOGS) adalah cara pemupukan daun dengan pengabutan larutan pupuk yang mengandung trace mineral yang digabungkan serentak bersama gelombang suara berfrekuensi tinggi (Purwadaria, 1998) Konsep kerja teknologi ini adalah penyemprotan nutrisi yang berupa pupuk daun dengan memakai bantuan pemasangan generator penghasil gelombang suara. Keduanya digabungkan sehingga menjadi 2 aktivitas yang bekerja sinergis, harmonis dan saling mendukung sehingga mampu meningkatkan efisiensi fotosintesis. Berdasarkan hasil pengujian USDA (United States Department of Agriculture) di Amerika menyatakan bahwa baik nutrisi maupun gelombang suara yang ditemukan tidak berakibat buruk atau merusak lingkungan (Tim penyusun PT. Interform 73, 1998)

Audio Organic Growth System (AOGS) dapat mempercepat pertumbuhan tanaman baik tinggi maupun diameter batang. Dari pengamatan seorang tani kayu Black Walnut di Minnesota Amerika Serikat dengan kebun seluas 15 ha, pertumbuhan diameter kayu yang dikenai *Audio Organic Growth System (AOGS)* adalah 2,12 cm per tahun, sedangkan pertumbuhan tanpa *Audio Organic Growth System (AOGS)* berkisar 0,51-1,02 cm per tahun. Pertumbuhan tinggi batang dengan *Audio Organic Growth System (AOGS)* adalah sekitar 2 sampai 3 kali dibandingkan tanpa *Audio Organic Growth System (AOGS)*.

Dengan menggunakan *Audio Organic Growth System (AOGS)* dapat mempercepat panen tiba dan memperpanjang rentang masa panen. Seperti diuraikan di atas, petani Black Walnut telah menanam kayu selama lima tahun dan memperkirakan mulai panen 3 tahun lagi, sedangkan umur panen yang normal adalah 15 tahun.

2. Nutrisi *Audio Organic Growth System (AOGS)*

Larutan yang disebut dengan nutrisi *Audio Organic Growth System (AOGS)* merupakan pasangan kerja teknologi ini. Larutan ini berisi bahan organik murni yang diracik dalam formula khusus, yaitu mengandung ekstrak ganggang laut yang kaya asam amino yang dilengkapi hormon perangsang pertumbuhan dan mengandung lebih dari 100 jenis mineral yang dibutuhkan pertumbuhan tanaman (Tim penyusun PT. Interform, 1998).

Sasaran penyemprotan diarahkan langsung ke daun. Larutan ini sudah diformulasikan dengan tepat untuk dapat bekerja sama dengan unit suara *Audio Organic Growth System (AOGS)* sehingga mampu diserap oleh stomata yang telah membuka

maksimal dan fungsi larutan ini sama sekali tidak dapat digantikan oleh bahan kimia atau pupuk jenis lain.

3. Unit Suara Audio Organic Growth System (AOGS)

Unit Suara Audio Organic Growth System (AOGS) merupakan unit generator penghasil suara akustik dengan frekuensi bolak balik yang merupakan frekuensi tinggi dengan satuan nilai frekuensi sebesar 3500-5000 KHz. Berdasarkan hasil pengujian USDA (United States Department of Agriculture) frekuensi yang dihasilkan unit suara ini akan memancarkan gelombang suara yang bertujuan untuk mempengaruhi metabolisme sel dalam daun sehingga stomata dapat membuka hingga 125%.

4. Pemasangan kotak suara

Gelombang suara dipasang selama 45 menit sebelum penyemprotan tanaman, selama penyemprotan dan 2 jam sesudah penyemprotan selesai. Gelombang suara terutama efektif pada cuaca yang tenang dan berembun atau berkabut.

Untuk tanaman pohon-pohonan, kotak suara ditempatkan di tengah lahan dan dibuatkan tiang yang kokoh atau menara yang sederhana yang selalu lebih tinggi dari pohon. Apabila luas lahan lebih dari 2,2 ha perlu digunakan kotak suara yang lebih besar yang terdiri 2-4 speaker. Pemasangan speaker terbagi merata ke dua sisi.

5. Pemupukan daun

Pemupukan daun dilakukan dengan cara pemberian cairan pupuk daun kepada tanaman melalui penyemprotan ke daun. Cara pemupukan seperti ini memberikan keuntungan yaitu penyerapan hara pupuk yang diberikan berjalan lebih cepat daripada pupuk yang diberikan melalui perakaran. Pemupukan melalui daun dapat menumbuhkan tunas lebih cepat dan tanah tidak terpolusi, sehingga pemupukan melalui daun lebih berhasil guna (Lingga, 1995)

E. Analisis dan Sintesis Bunyi

Tidak semua frekuensi bunyi dapat digunakan untuk *men-drive* stomata agar terbuka. Hanya frekuensi tertentu saja yang dapat mempengaruhi pembukaan stomata daun. Oleh karena itu dalam penerapannya pada teknologi gelombang suara (*Audio Organic Growth System (AOGS)*), suara alamiah yang akan direkam perlu dianalisis terlebih

dahulu. Disamping itu perlu juga dilakukan sintesis bunyi untuk mendapatkan suara dengan frekuensi dan warna bunyi yang bersih dari *noise*.

a. Sintesis bunyi

Sintesis bunyi merupakan suatu mekanisme rekonstruksi sinyal bunyi (asli) menjadi suatu sinyal baru yang sama dengan bunyi aslinya atau bahkan lebih baik dari bunyi aslinya. Terdapat berbagai metode dalam melakukan sintesis bunyi, salah satunya dengan sintesis bunyi aditif. Sintesis aditif barangkali merupakan bentuk tertua dari sintesis bunyi digital. Secara teoritis, sintesis bunyi aditif di dasarkan pada konsep klasik yang telah lama dikenal yakni analisis Fourier. Berikut adalah penjelasan tentang mekanisme sintesis bunyi aditif secara konseptual.

Sebagaimana telah dijelaskan di atas, bunyi merupakan suatu gelombang akibat perubahan tekanan medium secara periodik. Oleh karena itu, bunyi dapat dinyatakan secara matematis sebagai suatu fungsi yang periodik. Suatu fungsi periodik sembarang $F(t)$ dengan periode T dapat dinyatakan sebagai :

$$F(t) = F(t + T) \quad (14)$$

Lebih lanjut, berdasarkan analisis Fourier, $F(t)$ dapat dianalisis kedalam fungsi-fungsi sinus $[\sin(2\pi t/T)]$ dan cosinus $[\cos(2\pi t/T)]$ karena fungsi-fungsi tersebut juga periodik (Hirose dan Lonngren, 1985:277). Dengan demikian diperoleh:

$$F(t) = a_0 + a_1 \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + a_2 \cos\left(\frac{4\pi t}{T}\right) \dots + b_1 \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + b_2 \sin\left(\frac{4\pi t}{T}\right) + \dots \quad (15)$$

atau

$$F(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \quad (16)$$

dengan a_0 , a_n , dan b_n adalah koefisien-koefisien Fourier yang khas untuk setiap $F(t)$. Agar persamaan (16) nampak lebih sederhana, maka digunakan peubah baru $x = 2\pi t/T$. Dengan demikian diperoleh:

$$F(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(nx) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(nx) \quad (17)$$

dimana periode dari $F(x)$ adalah 2π karena $t = T$ pada saat $x = 2\pi$. Persamaan (17) dapat digunakan untuk menentukan koefisien-koefisien Fourier, yaitu :

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \cos(nx) dx \quad (18)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \sin(nx) dx \quad (19)$$

dengan $n = 1, 2, 3, \dots$ dan

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} F(x) dx \quad (20)$$

Dapat diamati bahwa nilai a_0 tidak lain merupakan rerata fungsi $F(x)$. Pada persamaan (17), karena $F(t)$ dikonstruksi kembali menjadi suatu deret fungsi dimana setiap sukunya adalah fungsi kosinus dan sinus dengan $n = 1, 2, 3, \dots$, maka dikatakan bahwa $F(t)$ dinyatakan dalam suatu deret fungsi yang memiliki suku-suku harmonik.

Dalam suatu sintesis audio pada umumnya, sinyal yang disintesis memiliki rerata fungsi nol, sehingga $a_0 = 0$. Jika diinginkan suatu sinyal berupa fungsi genap (fungsi yang simetri pencerminan pada sumbu-y di titik asal) dari hasil sintesis bunyi, maka cukup bagian kosinus saja yang digunakan dalam persamaan (16). Hal ini disebabkan suatu sinyal dengan fungsi genap akan menampilkan koefisien-koefisien a_n . Sebaliknya, karena fungsi genap memiliki sifat $F(x) = -F(x)$, maka substitusi $-x$ ke dalam persamaan (19) akan menghasilkan:

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \sin(nx) dx = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(-x) \sin(n[-x]) dx = -\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \sin(nx) dx \quad (21)$$

Penjumlahan dari persamaan (19) dan (21) menghasilkan $2b_n = 0$ atau $b_n = 0$. Dengan substitusi $a_0 = 0$ dan $b_n = 0$ ke dalam persamaan (16), diperoleh:

$$F(t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \quad (22)$$

atau

$$F(t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2\pi f_n t) \quad (23)$$

dengan $f_n = n/T$ adalah frekuensi harmonik ke- n . Persamaan (23) inilah yang digunakan dalam sintesis bunyi aditif. Dalam istilah akustik, a_n adalah amplitudo dari frekuensi akustik ke- n dan t adalah waktu. $A_n \cos(2\pi f_n t)$ adalah suku ke- n dari deret fungsi kosinus atau disebut pula osilator ke- n . Untuk jumlah osilator yang berhingga, persamaan (23) dapat diubah batasnya menjadi:

$$F(t) = \sum_{n=1}^N a_n \cos(2\pi f_n t) \quad (24)$$

Aplikasi persamaan (24) untuk sintesis bunyi dapat dimisalkan sebagai berikut; suatu sinyal bunyi awal memiliki sebuah osilator dengan frekuensi fundamental $f_1 = 1/T$, yang diikuti oleh isolator-isolator dengan frekuensi harmonik, yakni:

$$f_2 = 2 f_1 = 2/T, \quad f_3 = 3 f_1 = 3/T, \dots, \quad f_N = N f_1 = N/T$$

yang jumlahnya berhingga. Frekuensi-frekuensi $f_1, f_2, f_3, \dots, f_N$ dengan amplitudo masing-masing $a_1, a_2, a_3, \dots, a_N$ disubstitusikan ke dalam persamaan (24) adalah hasil sintesis bunyi yang dapat dibunyikan kembali.

Dengan ditentukannya suku-suku deret kosinus (osilator-osilator) untuk suatu sinyal bunyi, maka sinyal bunyi tersebut telah mengalami rekonstruksi menjadi sinyal bunyi yang sama dengan bunyi awal atau bahkan lebih baik dari bunyi awal. Selain untuk sinyal bunyi yang memiliki frekuensi harmonik, persamaan (24) dapat pula digunakan untuk suatu himpunan frekuensi yang tidak harmonik. Sintesis bunyi aditif dapat menghasilkan suara yang tak harmonik jika osilator-osilatornya memiliki frekuensi yang bukan kelipatan bulat dari suatu frekuensi fundamental.

b. Analisis Bunyi

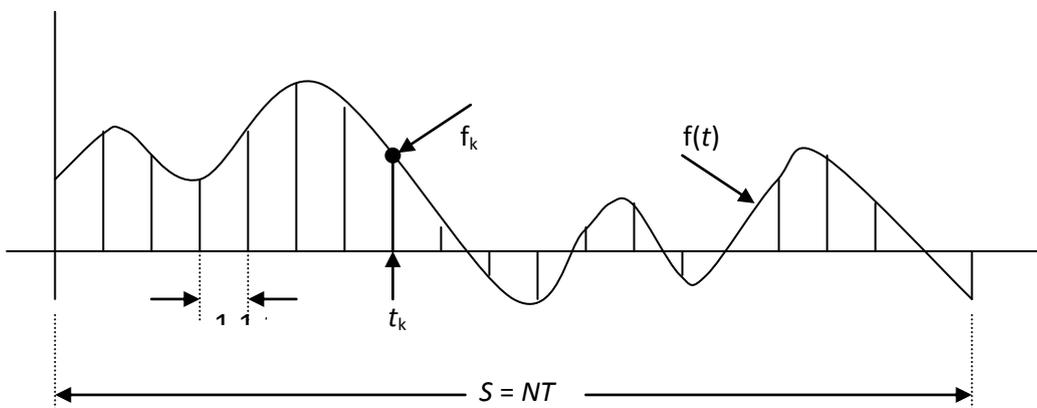
1). Transformasi Fourier Diskrit (DFT)

DFT digunakan untuk menentukan komponen-komponen sinus dan cosinus dari suatu gelombang periodik. Dalam banyak hal, komponen-komponen tersebut lebih berguna dari pada bentuk gelombang itu sendiri. Suatu gelombang $f(t)$ disampling dalam N kali interval-interval $t_0 = 0, t_1 = T, t_2 = 2T, \dots, t_k = kT, \dots, t_{N-1} = (N-1)T$. Interval penyamplingan penuh adalah $S = NT$. Dengan menggunakan notasi $f_k = f(t_k)$, suatu DFT dari f_k didefinisikan sebagai :

$$F_n = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi mk/N} \quad (25)$$

dengan :

$$\begin{aligned} e^{i\phi} &= \cos \phi + i \sin \phi & e^0 &= e^{i2\pi} = 1 \\ e^{-i\phi} &= \cos \phi - i \sin \phi & e^{-i\pi} &= -1. \end{aligned}$$



Koefisien-koefisien DFT yang signifikan (bermakna) adalah bahwa F_0 merupakan koefisien fourier pada frekuensi 0 (komponen dc), F_1 adalah koefisien fourier

pada frekuensi 1 (1 putaran per S), dan F_n adalah koefisien fourier pada frekuensi n (n putaran per S). Untuk melihat hal itu, berikut ini dihitung beberapa koefisien fourier :

$$F_0 = \sum_{k=0}^{N-1} f_k \quad (\text{jumlah semua amplitudo}). \quad (26)$$

Misalkan dipilih suatu kasus di mana $f_k = C$ (sebuah konstanta), maka $F_0 = NC$ dan semua koefisien fourier yang lain adalah 0. Kasus berikutnya adalah suatu gelombang sinus dengan M putaran lengkap per interval penyamplingan S , atau $f_k = \sin(2\pi kM/N)$.

$$F_n = \sum_{k=0}^{N-1} \sin(2\pi kM/N) [\cos(2\pi kn/N) - i \sin(2\pi kn/N)]. \quad (27)$$

Terkait dengan sifat-sifat ortogonalitas dari deret sinus dan cosinus, maka untuk f_k di atas berlaku :

$$F_M = \sum_{k=0}^{N-1} -i \sin^2(2\pi kM/N) = -iN/2$$

$$F_{(N-M)} = \sum_{k=0}^{N-1} i \sin^2(2\pi kM/N) = iN/2 \quad (28)$$

dan semua koefisien fourier yang lain adalah 0. Selanjutnya terlihat bahwa koefisien fourier ke n mendeskripsikan amplitudo dari sembarang komponen gelombang sinus dengan n putaran lengkap per interval penyamplingan.

Koefisien-koefisien fourier di luar interval dari 0 sampai dengan $N/2$ memiliki korespondensi. Dari definisi DFT, amplitudo fourier untuk N putaran per interval penyamplingan S adalah sama dengan 0 putaran per S . Dengan demikian :

$$F_N = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi k} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k = F_0. \quad (29)$$

Di atas N sampel per S , semua amplitudo fourier adalah sama dengan pasangannya di bawahnya.

$$F_{N+n} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi k} e^{-i2\pi nk/N} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi nk/N} = F_n. \quad (30)$$

Antara $N/2$ dan N sampel per S , diperoleh hasil sebagai berikut :

$$F_{N-n} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi k} e^{+i2\pi mk/N} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{+i2\pi mk/N}. \quad (31)$$

Jika f_k riil, maka $F_{N-n} = F_n^*$ dan $F_{N/2}$ riil (*menyatakan suatu konjugate kompleks). $F_{N/2}$ adalah koefisien fourier pada frekuensi $N/2$ (1 putaran per $2T$). Ini adalah frekuensi terbesar bahwa suatu DFT dapat ditentukan. Semua koefisien fourier untuk frekuensi yang lebih tinggi adalah sama dengan atau merupakan konjugate kompleks dari koefisien-koefisien untuk frekuensi-frekuensi yang lebih rendah. Sehingga hanya ada $N/2$ koefisien fourier yang bebas (independent).

Jika penyamplingan frekuensi tersebut tidak cukup, komponen-komponen frekuensi yang lebih tinggi dari gelombang yang sesungguhnya $f(t)$ akan muncul sebagai komponen-komponen frekuensi yang lebih rendah dalam DFT. Ini disebut aliasing frekuensi. Tidak ada cara untuk membetulkan data setelah penyamplingan dilakukan. Solusi yang biasa terhadap persoalan ini adalah menggunakan filter analog lolos rendah (filter anti aliasing) yang akan mengeliminasi semua frekuensi di atas $f_s/2$ sebelum penyamplingan. Suatu pernyataan berdasarkan hasil tersebut merupakan teorema penyamplingan yang mengatakan bahwa untuk dapat mencakup secara lengkap suatu sinyal kontinu dari pasangannya yang disampling, frekuensi penyamplingan f_s harus sekurang-kurangnya dua kali frekuensi tertinggi dalam sinyal tersebut.

Setiap koefisien fourier F_n pada umumnya adalah kompleks, bagian riilnya mendeskripsikan amplitudo yang menyerupai cosinus dan bagian imajinernya mendeskripsikan amplitudo yang menyerupai sinus. Modulus atau magnetudo G_n didefinisikan sebagai :

$$G_n = \sqrt{\text{Re}(F_n)^2 + \text{Im}(F_n)^2} \quad (32)$$

dan sudut fase θ_n diberikan oleh : $\tan \theta_n = \frac{\text{Im}(F_n)}{\text{Re}(F_n)}$.

Invers dari DFT diberikan oleh :

$$f_k = \sum_{k=0}^{N-1} \frac{F_n}{N} e^{+i2\pi mk/N} \quad (33)$$

Jika dihitung f_k di luar interval penyamplingan S akan diperoleh :

$$f_{N+k} = \sum_{k=0}^{N-1} \frac{F_n}{N} e^{+i2\pi m} e^{+i2\pi mk/N} = f_k. \quad (34)$$

Terlihat bahwa sekelompok N koefisien fourier tertentu dari suatu fungsi terbentuk berulang secara tak ada habis-habisnya dengan periodesitas $S = NT$. Ini sejalan dengan hasil terdahulu bahwa sekelompok dari N sampel, koefisien-koefisien fourier berulang terus-menerus dengan periodesitas $N = S/T$.

2). Transformasi Fourier Cepat (FFT)

FFT merupakan metode yang sangat efisien untuk menghitung DFT secara komputasional. Sebagai akibatnya penginterpretasian hasil FFT hanya memerlukan pemahaman dari DFT. Efisiensi komputasional FFT muncul dari kemampuan menyusun kembali suku-suku dalam DFT sedemikian hingga suku-suku yang sama hanya dihitung sekali. Penghitungan langsung melalui persamaan DFT yang diberikan sebelumnya memerlukan N^2 perkalian dan $N(N-1)$ penjumlahan. Dengan kata lain, FFT hanya memerlukan $N^2 \log N$ perkalian dan $2N^2 \log N$ penjumlahan. Untuk $N = 1024$ cacah perkaliannya direduksi dengan faktor 100.

$$F_n = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi mk/N} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k W^{nk} \quad (35)$$

di mana didefinisikan $W = e^{-i2\pi/N}$ dan $W^0 = W^N = 1$. Penulisan ini dalam bentuk matrik dan menggunakan hubungan $W^{N+nk} = W^{nk}$ akan diperoleh :

$$\begin{bmatrix} F_0 \\ F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W^0 & W^0 & W^0 & W^0 \\ W^0 & W^1 & W^2 & W^3 \\ W^0 & W^2 & W^4 & W^6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & W^1 & W^2 & W^3 \\ 1 & W^2 & 1 & W^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ f_2 \end{bmatrix}$$

Kunci efisiensi dari FFT adalah pemfaktoran dari matrik yang diusahakan (dibuat mungkin) dengan menukarkan baris-baris tertentu.

$$\begin{bmatrix} F_0 \\ F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & W^2 & 1 & W^2 \\ 1 & W^1 & W^2 & W^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} \\
= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & W^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & W^2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ f_2 \end{bmatrix}$$

Pada umumnya, akan ada ${}^2\log N$ matrik dengan $N/2$ perkalian kompleks dan N penjumlahan kompleks per matrik. Setiap kejadian $W^0 = 1$ berarti sebuah penjumlahan sederhana. Pangkat-pangkat lain dari W mencakup perkalian dengan tetapan-tetapan sebelum dihitung. Ketika N menjadi besar, kita memiliki ${}^2\log N$ matrik yang tipis (sparse). Metode langsung persamaan (1-1) memerlukan N^2 perkalian kompleks dan $N(N-1)$ penjumlahan kompleks. Dalam suku-suku dari sejumlah operasi perkalian, FFT mendapatkan keuntungan dengan faktor $2N / {}^2\log N$ terhadap cara langsung, yang lebih besar dari 200 untuk $N = 1024 = 2^{10}$.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tahapan Aktivitas Penelitian dan Alat yang digunakan

No	Aktivitas Pengumpulan Data	Alat/Instrumen yang Digunakan
1	Merekam dan menganalisis gelombang bunyi sebagai sumber SC AOGS (prioritas bunyi binatang khas Indonesia)	<ul style="list-style-type: none"> • 2 buah tape recorder <i>Sony TCM-150</i> • 6 buah kaset kosong <i>Maxcell UE 90</i> • 3 buah <i>pre-amp</i> • kabel penghubung secukupnya • 1 set <i>Personal Computer</i> • 3 buah <i>microphone condenser</i>
2	Membuat Smat Chips AOGS	<ul style="list-style-type: none"> • Electronic device • Microprocessor

B. Teknik Analisis Data Frekuensi Akustik dari Sumber Bunyi *Audio Organic Growth System (AOGS)*.

- 1) Menentukan frekuensi tertinggi, amplitudo dalam *dB*, dan frekuensi lainnya menggunakan program *Sound Forge 6.0*

Suara yang sudah direkam dapat dianalisis secara langsung menggunakan aplikasi *Spectrum Analysis* yang tersedia dalam program *Sound Forge 6.0*. Hasil dari analisis ini adalah spektrum sinyal, di mana dari spektrum tersebut diperoleh nilai frekuensi dengan amplitudo paling tinggi (*prominent frequency*), frekuensi harmonik, dan frekuensi penyusun di sekitar frekuensi tertinggi serta nilai amplitudo masing-masing frekuensi tersebut. Nilai amplitudo dalam *dB* dapat dikonversikan menjadi amplitudo relatif terhadap *bit-rate* menggunakan persamaan berikut:

$$dB = 20 \log \frac{\text{Amplitudo}}{2^{nbit-1}} \dots\dots\dots (3.1)$$

atau

$$\text{Amplitudo} = 2^{nbit-1} \times 10^{\frac{dB}{20}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Karena dalam perekaman menggunakan ADC dengan *bit-rate* 16 bit maka persamaan di atas dapat diubah menjadi:

$$\text{Amplitudo} = 32768 \times 10^{\frac{dB}{20}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan mengacu pada persamaan tersebut, maka rasio amplitudo dapat dituliskan secara matematis sebagai:

$$A_1: A_2: A_3: \dots A_n = 1 : 10^{\frac{dB_2 - dB_1}{20}} : \dots : 10^{\frac{dB_n - dB_1}{20}} \dots (3.4)$$

- 2) Proses sintesis bunyi dilakukan berdasarkan persamaan (2.14). Data yang diperoleh dari analisis adalah frekuensi tertinggi (*prominent frequency*), frekuensi penyusun, amplitudo dan rasio amplitudo masing-masing frekuensi. Data tersebut disatukan dalam suatu algoritma berdasarkan persamaan (2.14) menggunakan program *Matlab 6.5*, sehingga diperoleh suatu data sebagai fungsi waktu. Untuk dapat mengubah data ini menjadi suara, aplikasi *Wavwrite* yang terdapat dalam program *Matlab 6.5* digunakan, selanjutnya data diubah dalam bentuk *Wav file* yang kemudian dapat didengarkan suaranya.

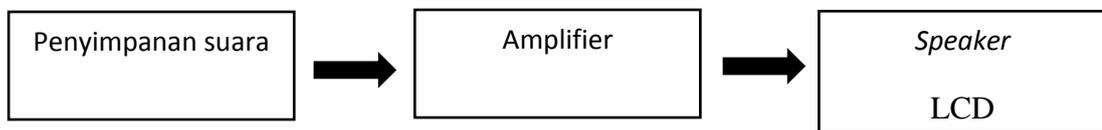
BAB IV

HASIL PENELITIAN

Sesuai dengan Tahap I penelitian ini, target yang diharapkan adalah rancang bangun perangkat teknologi gelombang akustik yang memiliki kapasitas tinggi atau yang telah disebut dengan *smart chip audio organic growth system* (SC-AOGS). Dapat dilaporkan di sini bahwa tujuan penelitian tahap pertama ini telah tercapai dengan penjelasan yang diberikan di bawah ini.

A. Rangkaian elektronik alat dengan sumber bunyi garentung

Rangkaian elektronik SC-AOGS decara diagramatik dapat dilihat berikut ini.

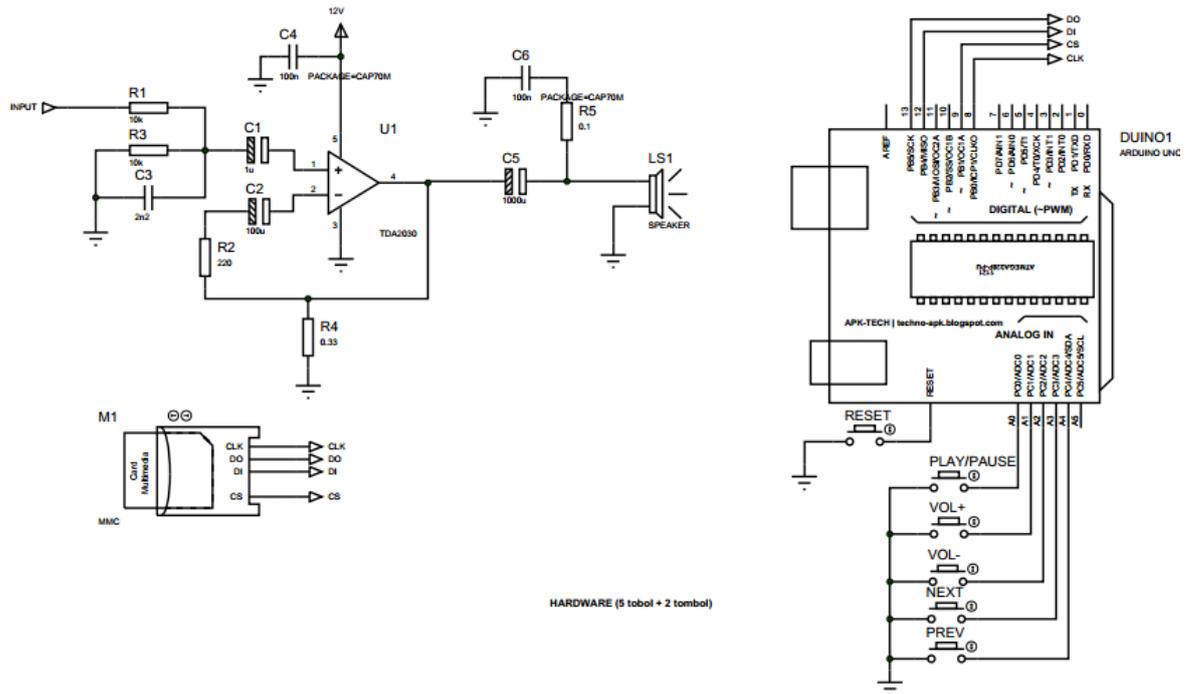


Gambar 4.1. diagram rancangan elektronik SC-AOGS

Dapat diamati dari Gambar 4.1 di atas bahwa rangkaian diagram SC-AOGS terdiri dari penyimpanan bunyi atau suara, amplifier, dan *speaker* LCD. Penyimpanan suara dan amplifier ini akan dibungkus dalam kotak atau tempat yang sama, sedangkan speaker dibuat terpisah dari sistem. Berbagai komponen yang dibutuhkan untuk membangun alat SC-AOGS, yakni:

1. speaker,
2. kabel penghubung,
3. TDA2003,
4. WT5001,
5. ATmega328 kecepatan 16 MHz,
6. LCD matrik ukuran 6x2,
7. *software* Arduino Uno.

Skema rangkaian elektronik SC-AOGS dapat dilihat pada Gambar 4.2. Skema elektronik ini merupakan hasil pengejawantahan diagram rancangan pada Gambar 4.1, yang terdiri dari sistem penyimpanan suara dan juga amplifier dalam satu wadah.



Gambar 4.2 skema rangkaian elektronik SC-AOGS

Foto atau gambar SC-AOGS yang telah dibangun dapat dilihat pada foto di bawah ini. Dapat diamati pada Gambar 4.3, instrumentasi SC-AOGS terdiri dari sebuah kotak hitam (1) yang berisi di dalamnya alat penyimpan suara dan amplifier. Kotak hitam ini dilengkapi pula dengan layar (*screen*) penunjuk frekuensi berupa LCD matriks 6 x2 (4). Instrumentasi ini dilengkapi pula dengan tombol pemilih frekuensi dan pengatur volume frekuensi yang dipilih (2). Kotak hitam ini selanjutnya dihubungkan dengan speaker (3).



Gambar 4.3 Instrumentasi Audio Bio Harmonik

Berbagai komponen dari instrumentasi SC-AOGS dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Penyimpanan suara

a) Fungsi

Pada kotak penyimpanan suara ini terdapat beberapa komponen yang salah satunya berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan chip berupa microSD yang telah terisi sumber bunyi garempung dengan frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz. Komponen yang berfungsi sebagai penyimpanan suara untuk ABH dengan sumber bunyi garempung ini yaitu WT5001 yang nantinya ketika alat mulai dioperasikan, komponen ATmega328 yang telah terisi program yang berfungsi sebagai prosesor akan memerintahkan WT5001 untuk memutar sumber bunyi garempung.

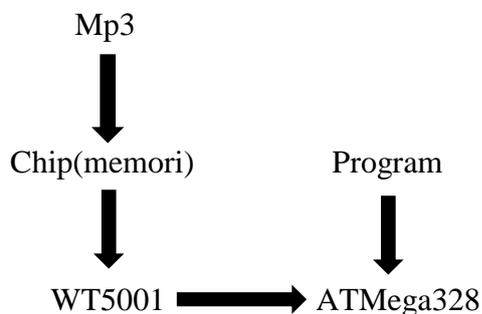
b) Langkah Kerja

1) Komponen yang terdapat pada penyimpanan suara :

- a. ATmega328 kecepatan 16 MHz
- b. Chip(memori)
- c. WT5001

2) Prosedur Kerja

Diagram prosedur kerja



Program yang telah dibuat, di flasing (di *upload*) menggunakan software *Arduino Uno* ke komponen ATmega328 dan sumber bunyi garempung dengan lima (5) macam variasi frekuensi disimpan pada chip (memori) dan dipasang pada komponen WT5001 yang kemudian komponen ATmega328 dirangkai dengan WT5001. Cara penyimpanan suara pada chip dapat diberikan sebagai berikut:

1. Memasukan chip yang berupa microSD dalam PC.
2. Menyimpan 5 macam frekuensi suara garempung dalam bentuk mp3 pada folder.
3. Memflasing (meng-*upload*) folder dalam chip.
4. Chip kemudian dilepaskan dari PC dan dipasang pada komponen WT5001.

Selanjutnya untuk mem-flasing (upload) program pada ATmega328 dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Membuat program pada software Arduino Uno (terlampir).
2. Mem-flasing (meng-*upload*) program yang telah dibuat pada ATmega328 dengan kabel penghubung.
3. Setelah program telah selesai di-flasing, melepaskan kabel penghubung dari PC dan ATmega328 siap dirangkai dengan amplifier dan speaker.

2. Amplifier

a) Fungsi

Amplifier yang terdiri dari rangkain komponen ini berfungsi untuk menguatkan signal/ frekuensi yang diaktifkan.

b) Komponen yang dibutuhkan:

1. TDA2003
2. 1 resistor 220 Ω
3. 1 resistor 330 Ω
4. 1 resistor 100 Ω
5. 2 resistor 10 k Ω
6. Kapasitor 100 nF
7. Kapasitor 1 μ F
8. Kapasitor 100 μ F
9. Kapasitor 1000 μ F
10. Kapasitor 2n2

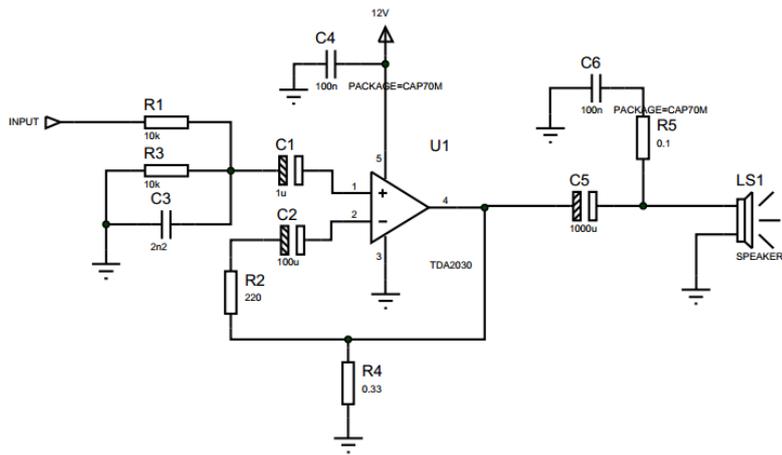
c) Prosedur Kerja

WT5001 \longrightarrow Amplifier \longrightarrow Speaker

Keterangan :

Sumber bunyi yang diputar melalui komponen WT5001 diperkuat audionya oleh amplifier dengan komponen utamanya yaitu TDA2003 yang kemudian setelah audionya diperkuat, di output melalui speaker.

Berikut adalah skema rangkaian penguat audionya:



Gambar-03 skema rangkaian penguat audio

3. Speaker

Sumber bunyi yang di putar akan di output melalui speaker, speaker yang digunakan bermerk Narae dengan daya 12 Watt. Berikut adalah gambar dari speakernya

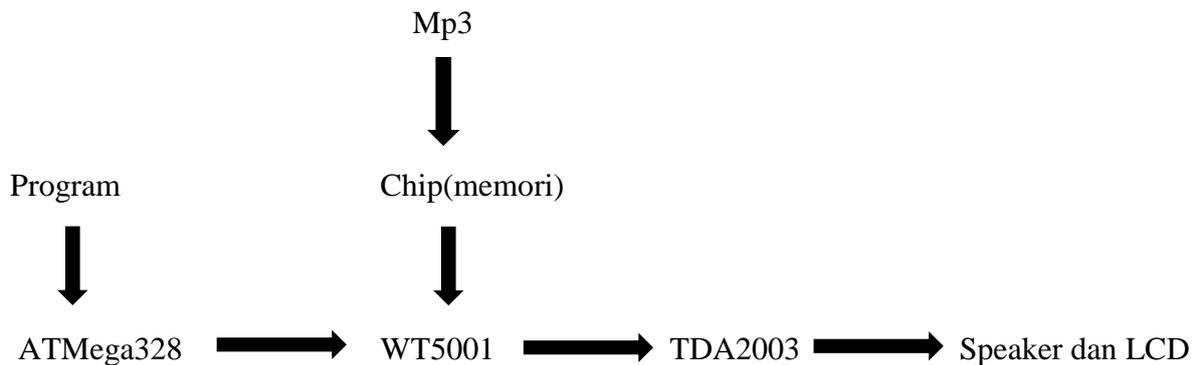


Gambar 4.4 speaker

Fungsi dari masing-masing komponen dapat diberikan sebagai berikut.

1. TDA2003 sebagai penguat audio
2. WT5001 sebagai penyimpan dan pemutar audio
3. ATMega328 kecepatan 16 MHz sebagai prosesor
4. Speaker sebagai peng-ouput dari suara
5. LCD Matrik ukuran 16x2 sebagai yang men-display sumber frekuensi ke-berapa yang sedang diputar

Prinsip kerja alat SC-AOGS secara keseluruhan dapat dijelaskan sebagai berikut. Diagram cara kerja secara keseluruhan dapat dilihat di bawah ini.



File yang berupa format Mp3 yang berbunyi suara garempong atau gamelan bali disimpan dalam chip yang berupa microSD lalu dipasangkan pada WT5001 dan program yang telah dibuat dengan menggunakan aplikasi Arduino 1.6.0 diflasing(upload) pada Arduino Uno yang terdapat ic ATmega328. Ketika alat mulai dioperasikan, ATmega328 yang berfungsi sebagai prosesor akan memerintahkan WT5001 memanggil file dengan format mp3 tadi untuk diputar dan bunyi yang dihasilkan di perkuat audionya oleh TDA2003 dan bunyi yang audionya telah diperkuat tadi, akan dikeluarkan melalui speaker dan LCD Matrik akan mendisplay(menampilkan) sumber bunyi frekuensi ke-berapa yang sedang diputar.

Cara mengoperasikan alat dapat diberikan sebagai berikut:

1. Menghubungkan alat dengan sumber tegangan.
2. Menghidupkan alat dengan menekan saklar tombol ON/OFF.
3. Menekan tombol warna hijau untuk memulai membunyikan suara garempong dengan frekuensi yang telah ditentukan.
4. Mengatur tombol volume sesuai dengan volume yang dibutuhkan dimana pada saat pertama kali alat dioperasikan, secara otomatis alat berada pada volume yang berada di tengah-tengah.
5. Setelah alat selesai digunakan, untuk mematikan alat dengan menekan tombol OFF.

a. Praktek Cara mengoperasikan :

- 1) Menghubungkan alat dengan sumber tegangan ACCU



2) Menekan tombol on/off pada sisi alat sehingga lampu hijau menyala



3) Memilih frekuensi suara garentpong yang ditentukan dengan menekan tombol hijau dan

4) menekan lagi tombol hijau untuk memulai (play)



5) Mengatur tombol volume sesuai dengan volume yang dibutuhkan dimana pada saat pertama kali alat dioperasikan, secara otomatis alat berada pada volume yang berada di

tengah-tengah (tombol warna kuning sisi kanan untuk menaikkan volume dan sisi kiri untuk mengurangi volume)



- 6) Setelah alat selesai digunakan, untuk mematikan alat dengan menekan tombol OFF hingga lampu hijau mati



4. Daftar komponen yang dibutuhkan untuk pembuatan instrument smart chip Audio Bio harmonik (AOGS)

Jumlah	Nama komponen
1	Arduino Uno
1	WT5001
1	SDcard
1	TDA2003
1	resistor 220 Ω
1	resistor 330 Ω
1	resistor 100 Ω
2	resistor 10k Ω
1	kapasitor 100nF
1	kapasitor 1 μ F
1	kapasitor 100 μ F
1	kapasitor 1000 μ F

3	push button
1	LCD matriks 16x2
1	SPST rocker switch
1	adaptor output DC 9V/1.0 A
1	Accu
1	Speaker

B. Pembahasan

Setelah teknologi tepat guna Audio Bio Harmonik Sistem (ABHS) dengan menggunakan smart chip berhasil dibuat selanjutnya alat tersebut akan diproduksi oleh siswa SMKN-2 Yogyakarta jurusan Elektronika dan kemudian alat ABHS diterapkan oleh siswa SMKN-1 Pandak Bantul Jurusan bidang Agribisnis Tanaman Pangan dan Hortikultura untuk praktek guna meningkatkan produksi hasil pertanian. Relevansi kurikulum SMK jurusan Elektronika dimasukkan dalam bidang keahlian Teknologi dan Rekayasa pada mata pelajaran ekstra kulikuler. Kompetensi Keahlian Teknologi dan rekayasa berkaitan dengan kualifikasi kemampuan minimal peserta didik yang menggambarkan penguasaan sikap, pengetahuan, dan keterampilan di Pembuatan teknologi audio bio harmonic system (ABHS) menggunakan smart chip. Pembuatan dan pengoperasian sistem paparan bunyi ABH dan perawatan dan perbaikan peralatan, serta pemeliharaan panel ABHS yang diharapkan dicapai pada setiap tingkat dan/atau semester. Proses pembelajaran menekankan pada pemberian pengalaman langsung berupa praktek pembuatan ABHS untuk mengembangkan kompetensi dasar peserta didik di bidang teknologi dan rekayasa, pengoperasian sistem ABHS dan perawatan dan perbaikan ringan peralatan ABHS. Dengan mata pelajaran pilihan teknologi dan rekayasa ini diharapkan siswa SMK mampu memproduksi sendiri ABHS sehingga kebutuhan pasar dapat terpenuhi. Relevansi kurikulum SMK elektronika dan pertanian melalui rancang bangun smart chip Audio Organic Growth System (SC-AOGS) atau Audio Bio Harmonic System (ABHS) untuk memproduksi dan menggunakan alat.

a. Relevansi kurikulum memproduksi Alat ABHS

1). KOMPETENSI TEKNOLOGI DAN REKAYASA ABHS (SMK ELEKTRONIKA)

STANDAR KOMPETENSI	KOMPETENSI DASAR
1. Menguasai konsep dasar Elektronika micro chip	1.1 Menjelaskan konsep dasar elektronika micro chip 1.2 Membaca simbol komponen elektronika micro chip 1.3 Mengemukakan sifat-sifat komponen elektronika

STANDAR KOMPETENSI	KOMPETENSI DASAR
	pasif 1.4 Menggambar karakteristik komponen elektronika dengan micro chip.
2. Menguasai Pengukuran komponen Elektronika	2.1 Mengemukakan prinsip peralatan ukur komponen elektronika 2.2 Melakukan pengukuran rangkaian micro chip, arus, tegangan dan hambatan 2.5 Menafsirkan hasil pengukuran.
3. Mengenal komponen teknologi ABHS dengan smart chip WT5001	3.1 Mengemukakan jenis jenis komponen pembuatan ABHS 3.2 Mengemukakan fungsi WT5001 3.3 Mengemukakan TDA 2003 3.4 Mengemukakan prosedur pemograman audio 3.5 Membaca data sheet komponen peralatan ABHS
4. Memperbaiki Peralatan komponen ABHS	4.1 Mengemukakan prinsip perbaikan peralatan ABHS 4.2 Memperbaiki peralatan ABHS 4.3 Memeriksa hasil perbaikan menggunakan alat ukur multimeter 4.4 Melakukan uji fungsi hasil perbaikan.
5. Memasang Instalasi blok micro chip untuk ABHS	5.1 Mengemukakan prinsip instalasi ABHS 5.2 Menggambar rencana instalasi ABHS 5.3 Memasang instalasi ABHS .
6. Mengoperasikan Sistem Pengendali elektronik	6.1 Menyebutkan prinsip pengoperasian sistem pengendali elektronik ABHS 6.2 Merencanakan rangkaian kendali elektronik sederhana ABHS 6.3 Membuat rangkaian kendali elektronik sederhana ABHS 6.4 Mengoperasikan sistem kendali elektronik ABHS 6.5 Menelaah data operasi sistem kendali elektronik

STANDAR KOMPETENSI	KOMPETENSI DASAR
	ABHS 6.6 Melakukan tindakan pengamanan pada sistem kendali elektronik yang mengalami gangguan.
7. Memproduksi rangkaian ABHS	7.1 Mengemukakan prinsip pembuatan panel ABHS 7.2 Mengidentifikasi jenis-jenis komponen ABHS 7.3 Merangkai komponen ABHS 7.4 Menguji coba hasil rangkaian ABHS 7.5 Memproduksi ABHS

2). Dasar Kompetensi Pembuatan ABHS

Standar Kompetensi	Alokasi Jam
1. Melaksanakan keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	2
2. Memahami prinsip kerja Elektronika micro chip	6
3. Menguasai Rangkaian ABHS	12
4. Mengukur Besaran listrik ABHS	2
5. Membuat rangkaian ABHS	24
TOTAL	46

b. Relevansi Kurikulum Menggunakan ABHS bidang Pertanian

1) KOMPETENSI PENERAPAN ABHS DALAM PERTANIAN (SMK PERTANIAN)

STANDAR KOMPETENSI	KOMPETENSI DASAR
1. Menguasai konsep dasar Pengoperasian bunyi ABHS	1.1 Menjelaskan cara kerja pengoperasian ABHS 1.2 Memahami tombol tombol pengoperasian ABHS
2. Menguasai Pemaparan Bunyi ABHS	2.1 Melakukan pemaparan bunyi ABHS 2.2 Mengukur keras lemah bunyi dan validasi frekuensi
3. Mengenal tombol teknologi ABHS	3.1 Mengatur tombol peak frekuensi 3.2 Mengatur tombol keras lemah bunyi
4. Mengatur kuat lemah bunyi ABHS	4.1 Mengukur kuat lemah bunyi luasan lahan pertanian

STANDAR KOMPETENSI	KOMPETENSI DASAR
	4.2 Mengukur distribusi taraf intensitas bunyi pada lahan pertanian 4.3 Melakukan uji fungsi alat ukur taraf intensitas bunyi
5. Memasang Instalasi ABHS pada Lahan Pertanian	5.2 Menggambar tata letak penempatan instalasi ABHS 5.3 Memasang instalasi ABHS pada lahan pertanian
6. Mengoperasikan ABHS pada lahan pertanian	6.1 Teknik Memaparkan bunyi pada lahan pertanian 6.4 Mengoperasikan ABHS dengan mempertimbangkan lama dan waktu pemaparan
7. Pengukuran pertumbuhan dan Produktivitas	7.1 Mencatat tinggi batang, diameter batang dan jumlah daun tanaman dengan perlakuan ABHS 7.2 Mencatat hasil panen tiap lahan tanaman dengan perlakuan ABHS

2) Dasar Kompetensi Penerapan ABHS

Standar Kompetensi	Alokasi Jam
1. Melaksanakan keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	2
2. Memahami prinsip kerja ABHS	3
3. Menguasai Pengoperasian ABHS	4
4. Menerapkan Teknologi ABHS	20
5. Teknik Pengukuran Pertumbuhan dan Produktivitas	18
TOTAL	46

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Tahap pertama penelitian ini adalah merancang dan membangun instrumentasi SC-AOGS. Dalam penelitian ini telah dihasilkan instrumentasi SC-AOGS yang terdiri dari sistem penyimpan suara dan amplifier, dan juga speaker. Dalam penyimpan suara dan amplifier telah dipadukan dalam sebuah kotak hitam yang dilengkapi dengan layar LCD matriks 6 x 2 dan juga pemilih bunyi dan pengatur volume. Instrumen SC-AOGS dapat diproduksi oleh siswa SMK elektronika dan kemudian dapat digunakan untuk dijadikan sebagai media praktek di SMK pertanian dan juga diaplikasikan untuk men-drive suara pada tanaman tertentu.

B. Saran

1. Pemesanan komponen ABHS harus inden beberapa bulan mengingat kondisi rupiah yang melemah terhadap dolar mengakibatkan toko elektronika belum berani memesan dalam jumlah banyak. Pemesanan dilakukan di toko elektronika di Surabaya, oleh karena itu perlu dicari informasi toko elektronikan yang siap stok dan tidak harus inden.
2. Implementasi kurikulum teknologi ABHS (AOGS) untuk kegiatan eksta kulikuler siswa SMK baik produksi dan implemanatasi ABHS (AOGS) dibutuhkan waktu yang tepat sehingga perlu koordinasi yang baik antara peneliti dan SMK.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkins, M.D. (2006). *Introduction to Insect Behavior*. , Macmillan Publishing Co., Inc. New York.
- Biotech News (2013). *Brave New Waves, Special Report Tenth Anniversary Issue*; Countryside and Small Stock Journal, July-Aug. 2002, Creation Illustrated.
- Carlson, D. (2011) Black Engineer, Summer Sound Nutrition, "Will Music Eliminate World Hunger?", *Secrets of the Soil*, by Peter Tompkins and Christopher Bird, Harper & Row.
- Cram, J. R, Kasman G (2007). '*Introduction to Surface Electromyography*', Aspen Press, Gaithersberg. MD
- Collins, Mark R. (2011). '*Spawning aggregations of recreationally important Sciaenid Species in the Savannah Harbour : Spotted Seatrout *Cynoscion Nebulosus*, Red Drum *Sciaenops Ocellatus*, Weakfish *Cynoscion Regalis*, and Black Drum *Pogonias cromis**', Callahan Bridget M., and Post William C., Final Report to Georgia Port Authority, South Carolina Department of Natural Resources, Marined Resources Research Institute.
- Coghlan A. (2004). Good vibrations give plants excitations; *New Scientist*. 28 May. p10.
- Iriani E. (2004), Verifikasi dan pemantapan teknologi *Audio Bio Harmonic System* pada cabai di Temanggung dan padi gogo di Blora, BPTP Jawa Tengah, dan lain-lain.
- Institute in Basic Life Principles, (Aug_ 2010, Vol) XV71; TLC for Plants, Canada's leading gardening magazine, Spring 1991, Super Memory, The Revolution, 1991, World Watch, May-June 1993, Windstar Foundation, Llewellyn's Lunar Gardening Guides, 1993-1994 "Audio Bio Harmonic System Creation Up Close", Acres U.S.A., A voice for Eco-Agriculture, 1985 - 1998,
- Oliver, Paul .(2012). *Audio Bio Harmonic System: Music to plants 'stomata'?* Countryside and Small Stock Journal,. Vol. 86, no. 4 July/Aug, pp.72-74
- Haskell, P. T. (1964). 'Sound Production', *The Physiology of Insecta*, Vol. 1, Academic Press, Inc., New York, pp. 563-608.
- Haskell, P. T. (1966). 'Flight Behavior', *Insect Behaviour*, Roy, Entomol, Soc., London Symposium 3, pp. 29-45.
- Hirose, A. & Lonngren, K.E. (1985). *Introduction to Wave Phenomena*. NewYork: John Willey & Sons.
- Jones, J. C. (1968). 'The Sexual Life of a Mosquito', T. Eisner and E. O. Wilson, *The Insect Scientific American*, 1977, W. H. Freeman and Company, Publisher, San Francisco, pp. 71-78.

- Kaminski, P (2005). 'The Five Flower Formula', Flower Essence Services, Nevada City, CA
- Kartasaputra, A.G. (2008). Pengantar Anatomi Tumbuh-tumbuhan, tentang sel dan jaringan. Bina Aksara. Jakarta. Hal : 144 – 149
- Lakitan, B. (2013). Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Raja Grafindo Persada. Jakarta. Hal : 58 – 60
- Loveless, A.R. (2011). Prinsip-prinsip Biologi Tumbuhan untuk daerah tropik dari Principles of Plant Biology For The Tropics oleh Kuswara Kartawinata. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal : 118 – 160
- Myrberg, A. A. (1981). 'Sound Communication and Interception in Fishes', W. Tavolga, A. N. Popper and R.R. Fay, Hearing and Sound Communication in Fishes, Spring-Verlag, New York, pp. 395-452
- Mankin, W. Richard (1998), 'Method of Acoustic Detection of Insect Pests in Soil', McCoy, W. Clayton, Flanders, L. Kathy, Proceedings of Soil Science Society of America Conference on Agroacoustics, Third Symposium, Nov. 3-6, Buoyoucos, MS
- Mossop, Diana 1994, ' Look to the Vibration of Flowers for Peace of Mind, Happiness and Harmony', Energy Harmoniser International, NY.
- Moulton, J. M. 1960. 'Swimming Sounds and the Schooling of Fishes', Biological Bulletin, 119, pp. 210-230.
- Ningsih,S., Purwanto, A., dan Ratnawati (2007). Pengaruh Frekuensi Akustik Suara Serangga "Kinjengtangis" terhadap Lebar Bukaan Stomata Daun dan Pertumbuhan Kacang Tanah. Yogyakarta: FMIPA UNY
- Pandey, S. N. dan B. K. Sinha. (1983). Fisiologi Tumbuhan. Terjemahan dari Plant physiologi 3 th edition. Oleh Agustinus ngatijo. Yogyakarta. Hal : 92 – 98
- Philips, S. Lobel (1992), 'Sounds Produced by Spawning Fishes', Environmental Biology of Fishes 33: pp. 351-358.
- Salisbury, F. B. dan Cleon. W. Ross. (1995). Fisiologi Tumbuhan, Jilid 1. Terjemahan dari Plant Physiologi 4 th Edition oleh Diah R. Lukman dan Sumaryono. ITB. Bandung. Hal : 84 - 87
- Ningsih,S., Purwanto, A., dan Ratnawati (2007). Pengaruh Frekuensi Akustik Suara Serangga "Kinjengtangis" terhadap Lebar Bukaan Stomata Daun dan Pertumbuhan Kacang Tanah. Yogyakarta: FMIPA UNY

Siti Latifah (2003). Pertumbuhan Dimensi Tegakan tanaman pangan (*Durio Zibethinus Murr*) Bersama Teknologi *Audio Bio Harmonic System*. Medan: USU.

Sternheimer Joel. (1993). *Lecture* : Epigenetic regulation of protein biosynthesis by scale resonance. Kanagawa Science Academy and Teikyo Hospital (Tokyo). May 20.

Santiago, J. A. and Castro, J.J.(1997), 'Acoustic Behaviour of *Abudefduf luridus*', *Journal of Fish Biology* 51, pp. 952-959

Thorp, W. A. (1961), 'The Learning of Song Patterns by Birds, with Especial Reference to the Song of the Chaffinch', *Fringilla Coelebs. Ibis*, 100, pp. 535-570

Van Doorne Yannick. (2000). *Thesis* : Influence of variable sound frequencies on the growth and developpement of plants. Hogeschool Gent. Belgium. 22 June.

Lampiran 1: Program untuk sumber bunyi garengpung

```
#include <LiquidCrystal.h>

//LiquidCrystal lcd(12, 10, 5, 4, 3, 2);
LiquidCrystal lcd(13, 9, 4, 5, 6, 7);

int kondisi = 5;

int x;

int tombol = 11; // FIRE

int backlight = 10;

void setup() {

  pinMode(backlight, OUTPUT);

  pinMode(tombol, INPUT);

  digitalWrite(tombol, HIGH); //pull up

  Serial.begin(9600);

  Serial.write(0x7E);

  Serial.write(0x03);

  Serial.write(0xA7);

  Serial.write(0x17); // volume max

  Serial.write(0x7E);

  lcd.begin(16, 2);

  digitalWrite(backlight, HIGH);

  lcd.print("SONIC GEN.V1");

  delay(2000);

  lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Welcome GARENG.1"); // print out the date  
delay(2000);  
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Pilih bunyi(hij)");  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Set vol-/+ (ory)");  
delay (2000);  
}
```

```
void loop()  
{  
//=====  
kondisi = digitalRead(tombol);  
if (kondisi == LOW) {  
  {  
    x++;  
    delay(100);  
  }  
  if (x == 1)  
  {  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("Gareng3000.mp3");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("> Playing...");
```

```

delay (360);

Serial.write(0x7E);

Serial.write(0x04);

Serial.write(0xA0); // A0 for SD card

Serial.write(0x00);

Serial.write(0x01); // track number

Serial.write(0x7E);

delay(300);

}

if (x == 2)

{

  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0, 0);

  lcd.print("Gareng3500.mp3");

  lcd.setCursor(0, 1);

  lcd.print("> Playing...");

  delay (360);

  Serial.write(0x7E);

  Serial.write(0x04);

  Serial.write(0xA0); // A0 for SD card

  Serial.write(0x00);

  Serial.write(0x02); // track number

  Serial.write(0x7E);

  delay(300);

}

if (x == 3)

{

  lcd.clear();

```

```

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Gareng4000.mp3");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("> Playing...");

delay (360);

Serial.write(0x7E);

Serial.write(0x04);

Serial.write(0xA0); // A0 for SD card

Serial.write(0x00);

Serial.write(0x03); // track number

Serial.write(0x7E);

delay(300);
}

if (x == 4)
{ lcd.clear();

  lcd.setCursor(0, 0);

  lcd.print("Gareng4500.mp3");

  lcd.setCursor(0, 1);

  lcd.print("> Playing...");

  delay (360);

  Serial.write(0x7E);

  Serial.write(0x04);

  Serial.write(0xA0); // A0 for SD card

  Serial.write(0x00);

  Serial.write(0x04); // track number

  Serial.write(0x7E);

  delay(300);
}

```

```
if (x == 5)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Gareng5000.mp3");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("> Playing...");
  delay (360);
  Serial.write(0x7E);
  Serial.write(0x04);
  Serial.write(0xA0); // A0 for SD card
  Serial.write(0x00);
  Serial.write(0x05); // track number
  Serial.write(0x7E);
  delay(300);
}
}
if (x == 6) x = 0;
}
//=====
```

Lampiran 2: Program untuk sumber bunyi gamelan

```
#include <LiquidCrystal.h>

//LiquidCrystal lcd(12, 10, 5, 4, 3, 2);
LiquidCrystal lcd(13, 9, 4, 5, 6, 7);

int kondisi = 2;

int x;

int tombol = 11; // FIRE

int backlight = 10;

void setup() {
  pinMode(backlight, OUTPUT);
  pinMode(tombol, INPUT);
  digitalWrite(tombol, HIGH); //pull up
  Serial.begin(9600);

  Serial.write(0x7E);
  Serial.write(0x03);
  Serial.write(0xA7);
  Serial.write(0x17); // volume max
  Serial.write(0x7E);

  lcd.begin(16, 2);
  digitalWrite(backlight, HIGH);
  lcd.print("SONIC GEN.V1");
  delay(2000);
  lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Welcome GAMELAN"); // print out the date  
delay(2000);  
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Pilih bunyi(hij)");  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Set vol-/+ (ory)");  
delay (2000);  
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
//=====
```

```
kondisi = digitalRead(tombol);
```

```
if (kondisi == LOW) {
```

```
{
```

```
  x++;
```

```
  delay(100);
```

```
}
```

```
if (x == 1)
```

```
{
```

```
  Serial.write(0x7E);
```

```
  Serial.write(0x04);
```

```

Serial.write(0xA0); // A0 for SD card

Serial.write(0x00);

Serial.write(0x01); // track number

Serial.write(0x7E);

delay(300);

lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Blaganjur.mp3");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("> Playing...");

delay (360);

}

if (x == 2)

{

Serial.write(0x7E);

Serial.write(0x04);

Serial.write(0xA0); // A0 for SD card

Serial.write(0x00);

Serial.write(0x02); // track number

Serial.write(0x7E);

delay(300);

lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Genjer.mp3");

lcd.setCursor(0, 1);

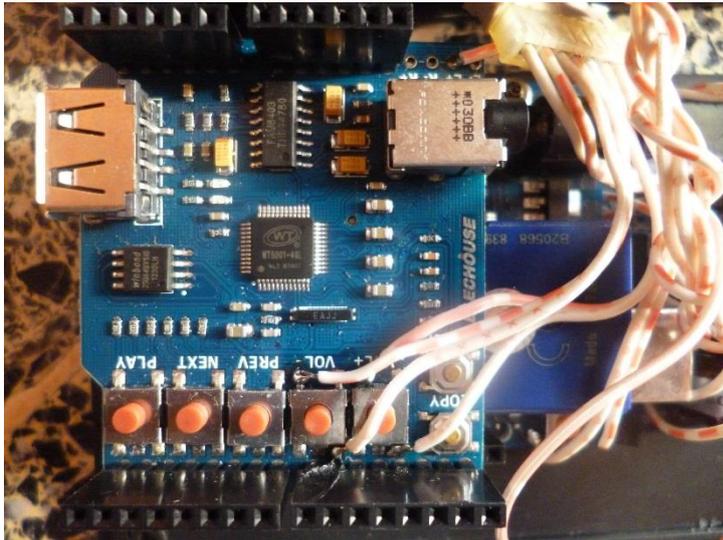
lcd.print("> Playing...");

delay (360);

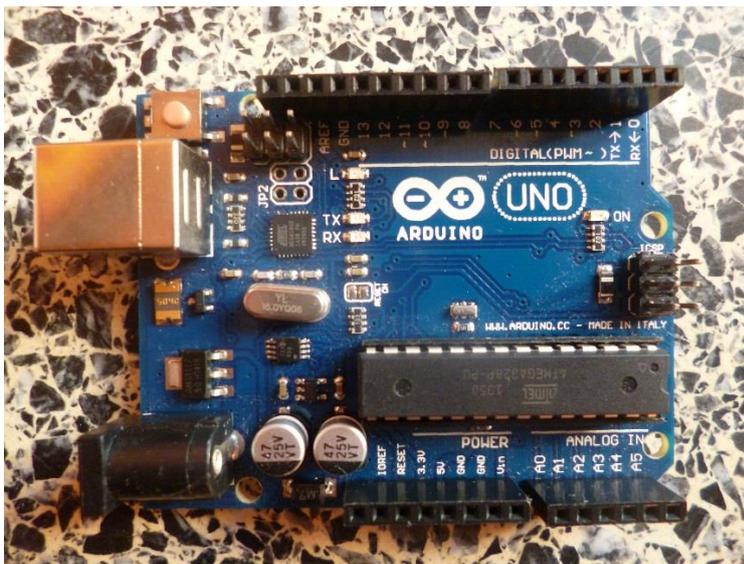
```

```
    }  
  }  
  if (x == 3) x = 0;  
}  
  
//=====
```

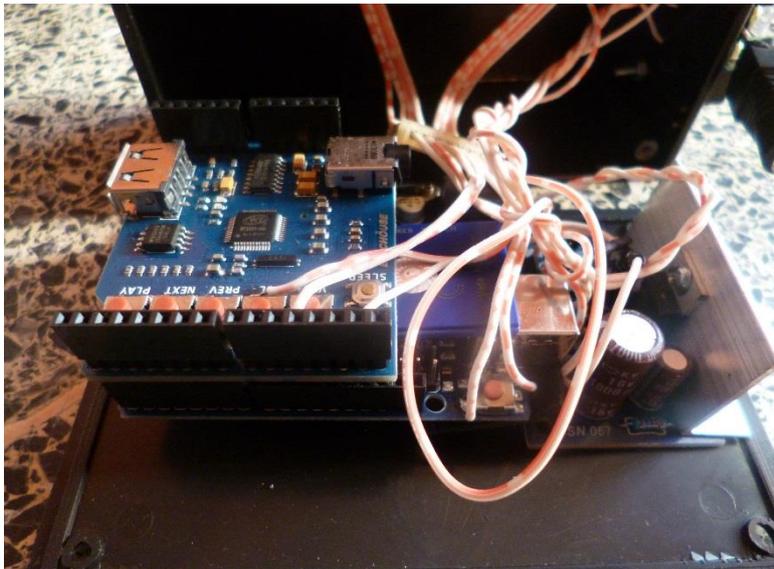
Lampiran 3. Berbagai Dokumentasi Instrumentasi SC-AOGS



Gambar 1. Chip yang telah terpasang di WT500.



Gambar 2. Ic ATmega328 yang terdapat pada Arduino Uno.



Gambar 3. Rangkaian komponen dalam kotak hitam.

```
program | Arduino 1.6.0
File Edit Sketch Tools Help
program
unsigned char cmd_buf[10];
unsigned char i;
const int buttonPin = 2; //
const int ledPin = 13; //
int buttonState = 0; //

void ArduinoMP3Shield_SendCMD(unsigned char *cmd_buf, unsigned len)
{
  unsigned i;
  for(i=0; i<len; i++){
    Serial.write(cmd_buf[i]);
  }
}

void setup(void)
{
  /** wait until arduino mp3 shield get ready */
  delay(1000);
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);

  Serial.begin(9600);

  /** set volume */
  cmd_buf[0] = 0x7E; // START
  cmd_buf[1] = 0x03; // Length
  cmd_buf[2] = 0xA7; // Command
  cmd_buf[3] = 0x0F; // new volume
  cmd_buf[4] = 0x7E; // END
  ArduinoMP3Shield_SendCMD(cmd_buf, 5);
}

Done Saving
Activate Windows
Go to PC settings to activate Windows
AM 8:05
2015-07-08
```

Gambar 4. Aplikasi Arduino 1.6.0 untuk membuat program.



Gambar 5. Tampilan 1 set alat SC-AOGS



Gambar 6. Tampilan atau display pada LCD matriks.