

Perancangan Alat Sortasi Otomatis Buah Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill) Menggunakan Mikrokontroler AVR ATmega 16

Arga Anugrahandy*, Bambang Dwi Argo, Bambang Susilo

Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email: aanugrahandy@gmail.com

ABSTRAK

Apel manalagi (*Malus sylvestris mill*) merupakan salah satu varietas apel yang sudah dikenal luas di Indonesia, karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Salah satu cara meningkatkan nilai ekonomis buah apel terutama untuk pasar ekspor adalah dengan proses sortasi sebelum dilakukan pengiriman ke pasar. Proses penyortiran dengan menggunakan alat/mesin sortasi perlu diarahkan menuju sebuah desain alat/ mesin sortasi yang memiliki prestasi kerja yang baik, efektif dan efisien. Pada penelitian ini proses perancangan alat sortasi didesain dengan bagian utama berupa mekanik alat dan elektronik. Bagian mekanik alat terdiri atas sistem *hopper*, sistem ruang pengumpanan buah, dan pintu output hasil sortasi. Sedangkan pada bagian elektronik alat terdiri atas sistem kontrol dengan mikrokontroler ATmega 16 dan perangkat komputer dengan program Delphi 7.0 untuk pengolahan data ukuran diameter buah. Hasil pengujian kapasitas kerja alat didapatkan data rata-rata sebesar 20 buah/222.67 detik atau sama dengan 324.57 buah/jam. Hal ini masih dibawah kapasitas kerja efektif yang bisa didapatkan pada alat sortasi buah ini yaitu sebesar 600 buah/jam.

Kata kunci: Alat sortasi buah otomatis, Apel manalagi, Mikrokontroler ATmega 16

Design of Automated Sorting Device of Manalagi Apple using AVR ATmega 16 Microcontroller

ABSTRACT

Manalagi apple (Malus sylvestris mill) is one of the apple varieties that are well known in Indonesia, because it has high economic value. One way to increase the economic value of apples mainly for the export market is the process of sorting prior to delivery to market. The process of sorting by using the tools / sorting machine needs to be directed toward a design tool / sorting machine that has a good work performance, effective and efficient in the study design process sorting tool is designed with the main part of mechanical and electronic equipment. The mechanical part of the tool consists of hopper systems, space systems pengumpana fruit, and sorting the output door. While on the electronic device control system consists of a microcontroller ATmega 16 and the computer with the program Delphi 7.0 for data processing of the fruit diameter. The test results obtained data capacity means work by an average of 20 buah/222.67 seconds or equal to 324.57 pieces / hour. It is still under the effective working capacity that can be found in this fruit sorting equipment that is equal to 600 pieces / hour.

Key words: Automated sorting devices, Manalagi Apples, Microcontroller ATmega 16

PENDAHULUAN

Salah satu cara meningkatkan nilai ekonomis apel terutama untuk pasar ekspor adalah dengan melakukan sortasi sebelum dilakukan pengiriman ke pasar. Sortasi buah meliputi kegiatan pemilahan fraksi berdasarkan karakteristik fisik (kadar air, bentuk ukuran berat, jenis, tekstur, warna, benda asing/kotoran), kimia (komposisi bahan bau dan rasa ketengikan) dan kondisi biologisnya (jenis dan kerusakan oleh serangga jumlah mikroba dan daya tumbuh khusus untuk benih. Sortasi secara umum bertujuan menentukan klasifikasi komoditas berdasarkan mutu sejenis yang terdapat dalam komoditas itu sendiri.

Mutu buah apel ditentukan oleh berbagai parameter diantaranya adalah parameter tingkat ketuaan dan kematangan (indeks warna) serta ukuran. Umumnya sortasi dilakukan dengan dua cara, yaitu manual (menggunakan indera manusia) dan mekanis (menggunakan alat atau mesin). Sortasi yang dilakukan secara manual adalah sortasi yang berdasarkan warna dan kerusakan. Sedangkan yang didasarkan pada ukuran dan berat biasanya dilakukan secara mekanis.

Proses penyortiran buah-buahan pada saat ini masih terdapat aspek-aspek yang penting untuk dilakukan penelitian, terutama untuk pencangan alat. Pada proses sortasi secara manual, kelemahan yang dimiliki manusia manakala manusia melakukan tugas-tugas sensorik dalam kapasitas yang besar dan waktu kerja yang lama. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut digunakan pendekatan mekanis dengan teknologi otomatisasi agar lebih efektif dan efisien. Penggunaan tenaga manusia (manual) sebagai penentu tingkat grade buah berdasarkan ukuran memiliki beberapa kekurangan antara lain penilaian manusia yang bersifat subyektif dan tidak konsisten terhadap objek buah serta pekerjaan yang dilakukan secara berulang-ulang dapat menyebabkan kejenuhan. Oleh karena itu perancangan alat sortasi buah ini diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut.

Pada penelitian perancangan mesin sortasi buah yang sudah ada terdapat berbagai macam tipe diantaranya mesin sortasi dengan sistem konveyor, sortasi dengan sistem berat buah, sortasi dengan sistem gravitasi dan tipe saringan. Pada perancangan mesin sortasi tersebut memiliki sistem kerja yang amat kompleks dan kurang efisien meskipun memiliki kapasitas kerja dan kualitas hasil yang cukup baik untuk sistem sortasi buah. Pada penelitian perancangan alat yang akan dilaksanakan ini adalah mencoba menggabungkan sortasi buah tipe gravitasi dengan sistem pengolahan citra buah menggunakan *personal computer* (PC) dan sistem kontrol otomatis mikrokontroler ATmega 16 yang disusun menggunakan sistem gerak motor servo yang diharapkan memiliki sistem kerja efektif dan kualitas hasil sortasi yang baik.

Penelitian tentang perancangan alat sortasi buah apel tentunya masih banyak hal yang perlu untuk dikaji dan ditelaah untuk dikembangkan menuju suatu desain alat yang lebih efektif dan efisien. Pada penelitian sebelumnya, masih terdapat hal yang perlu dikaji untuk mendapatkan proses yang sortasi yang lebih efektif dan efisien terutama untuk cara kerja alat untuk meningkatkan kualitas proses sortasi dan kapasitas kerja alat. Penelitian alat sortasi buah apel ini didesain dengan sistem elevasi (kemiringan) pada pintu output hasil sortasi yang mengandalkan sistem gravitasi untuk perpindahan buah apel dengan motor servo sebagai tenaga penggerak pintu *Output* hasil sortasi, dengan suatu sistem desain pengumpan buah otomatis. Perancangan alat sortasi buah apel ini menggunakan program Delphi sebagai pengolah data buah dan Mikrokontroler ATmega 16 sebagai pusat pengatur sistem kendali gerak motor servo. Dengan mengacu hal tersebut diharapkan akan dapat meningkatkan sistem kinerja alat dan kapasitas kerja alat sortasi buah apel, serta memudahkan sistem evaluasi terhadap kualitas buah apel yang telah disortasi.

Tujuan dari penelitian perancangan alat sortasi ini adalah : 1). Melakukan perancangan sistem mesin sortasi buah apel untuk mengetahui kapasitas kerja alat dan keakuratannya berdasarkan ukuran diameternya. 2). Merancang sistem perangkat lunak dan data base untuk sistem alat sortasi buah apel manual. 3). Melakukan pengujian kinerja mesin sortasi buah apel berdasarkan ukuran diameter buah apel.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat untuk pembuatan rangkaian alat/ mesin sortasi buah apel antara lain: volt meter, solder, adaptor 5 volt, tang, obeng, gergaji besi, bor, dan pemotong *acrylic*. Bahan yang digunakan untuk pembuatan rangkaian pengontrol antara lain: IC Mikrokontroler Atmega 16, minimum sistem sebagai modul beserta rangkaian elektronik yang diperlukan, *downloader* Bascom AVR, kamera *webcam*, motor servo dan perangkat komputer. Apel yang digunakan adalah apel varietas manalagi sebagai bahan untuk pengujian alat.

Metode Penelitian

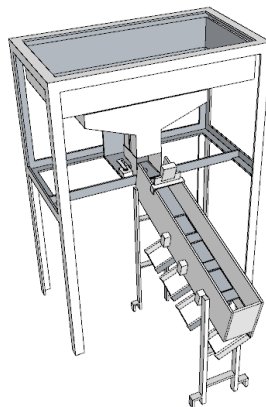
Perancangan Mekanik alat dilakukan dengan pendekatan desain fungsional dan desain struktural. Perancangan mekanik alat memberikan pengaruh yang akan menentukan mesin tersebut dapat beroperasi dengan baik.

A. Rancangan Fungsional

Pendekatan perancangan fungsional digunakan untuk melaksanakan fungsi sesuai dengan tugasnya yang meliputi: mikrokontroler, sistem pengumpanan keluaran buah secara otomatis, sistem buka tutup pintu keluaran buah berdasarkan grade sortasinya, dan pembuatan program untuk proses sortasi maupun laporan hasil sortasi.

B. Rancangan Struktural

Perancangan elektronis meliputi minimum sistem mikrokontroler AVR ATmega 16 dan perangkat komputer dengan program Delphi untuk pengolahan data diameter buah serta kamera *webcam* untuk penangkap citra buah. Alat sortasi buah ini bekerja dengan menggunakan mikrokontroler sebagai pusat pengendalian. Alat sortasi melakukan proses sortasi berdasarkan nilai ukuran diameter buah yang telah dilakukan *scanning* oleh *webcam* yang dianalisa dan diolah oleh program Delphi pada komputer yang selanjutnya akan memberikan informasi ke mikrokontroler untuk memberikan perintah kepada motor servo (pada sistem buka tutup pintu *output* hasil sortasi). Pintu keluaran (*output*) hasil sortasi akan membuka secara otomatis sesuai dengan nilai grade yang telah ditentukan berdasarkan nilai ukuran diameter buah. Desain struktur alat penyortir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Alat Penyortir Buah Apel

Sistem pengumpanan keluaran buah akan bekerja secara otomatis setelah pintu *output* hasil sortasi terbuka sesuai dengan hasil nilai grade yang telah dianalisa oleh sistem program pengolah data objek. Motor servo pada sistem pengumpanan akan memberikan gaya dorongan kepada buah sehingga buah dapat keluar dari ruang pengumpanan dan meluncur menuju pintu yang sesuai dengan nilai gradenya masing-masing. Sesaat setelah buah masuk ke dalam pintu

output hasil sortasi sesuai dengan gradenya, maka pintu akan kembali ke posisi semula (tertutup).

Bagian hopper pada alat sortasi ini dilengkapi dengan motor servo. Sistem motor servo ini bekerja untuk menggerakkan buah yang terjadi kemacetan pada bagian hopper yang akan menuju ke ruang pengumpanan. pada saat terjadi kekosongan buah pada ruang pengumpanan maka motor servo pada hopper akan bekerja untuk menggerakkan buah. Dengan sistem ini diharapkan akan dapat mengatasi masalah yang ada pada bagian *hopper*.

Parameter Pengujian dari penelitian ini yaitu:

- a. Kualitas hasil sortasi alat
- b. Kapasitas bekerja alat

Hasil dan Pembahasan

Deskripsi Alat Sortasi Buah Apel

Alat sortasi buah apel yang dirancang dan dikonstruksikan dalam penelitian ini mempunyai beberapa bagian utama yang mendukung operasional kerjanya, antara lain sistem rangka (*frame*), hopper masukan buah dan sistem pengumpanan buah otomatis, serta sistem pintu *output* sortasi (keluaran hasil sortasi berdasarkan grade buah).

Hopper masukan buah merupakan bagian dari alat yang berfungsi sebagai tempat masuknya buah sebelum memasuki ruang pengumpanan buah otomatis. Bagian ini terbuat dari bahan akrilik dengan ukuran dimensi (P x L x T) 60 x 30 x 10 cm di bagian atas dan dengan bagian bawah dengan ukuran dimensi 40 x 8 x 10 cm, di kedua bagian tersebut pada bagian dasar dirancang miring sekitar 45°. Hopper ini mempunyai kapasitas untuk menampung sampai dengan 6 kg buah apel.

Sistem hopper masukan buah tersebut dirancang secara sederhana dengan memanfaatkan gaya gravitasi untuk pergerakan buah menuju ke ruang sistem pengumpanan. Pada bagian bawah tersebut juga dilengkapi sistem penggerak otomatis yaitu satu buah motor servo. Sistem ini untuk mengantisipasi apabila terjadi suatu kemacetan buah pada hopper bagian bawah yang akan menuju ke ruang pengumpanan buah. Dengan rancangan tersebut diharapkan sistem hopper masukan buah ini dapat bekerja dengan baik dan efektif.

Ruang pengumpanan buah otomatis merupakan tempat dimana buah akan dilakukan *scanning* atau pengambilan data oleh *webcam* yang kemudian data tersebut diolah oleh komputer dengan suatu program Delphi yang telah disusun untuk mengklasifikasikan objek (buah apel) tersebut berdasarkan ukuran diameternya kedalam nilai grade yang telah ditentukan. Alat ini dirancang dari bahan *acrylic* dengan ukuran dimensi 8 cm x 8 cm x 8 cm pada bagian dasar ruangan ini dilengkapi spon untuk mencegah benturan.

Ruang pengumpanan buah ini terdapat sistem pendorong buah menuju saluran *output* hasil sortasi. Sistem penggerak ini dilakukan oleh motor servo yang akan bekerja secara otomatis setelah identifikasi klasifikasi grade buah selesai dan pintu *output* hasil keluaran buah telah terbuka berdasarkan nilai gradenya.

Pintu *output* hasil sortasi berdasarkan grade buah merupakan bagian berbentuk saluran yang terdapat semacam pintu-pintu keluaran sortasi berdasarkan gradenya masing-masing buah. Pada bagian ini terdapat empat pintu keluaran berdasarkan grade buah dimana pada pintu A, B, dan C terdapat semacam pintu dengan sistem buka dan tutup yang digerakkan oleh motor servo sedangkan pada pintu D hanya berupa pintu keluaran hasil sortasi.

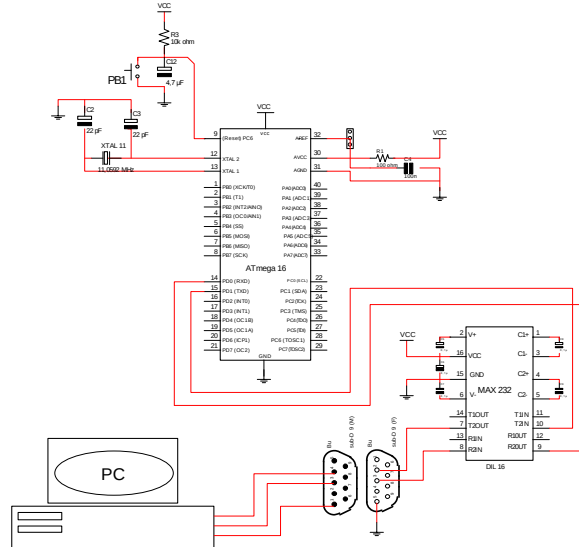
Sistem pergerakan atau perpindahan buah menuju pada saluran *output* hasil sortasi ini dengan memanfaatkan gaya gravitasi, dimana pada bagian ini alat dirancang dengan suatu kemiringan atau sudut elevasi tertentu.

Perancangan Sistem Kontrol

Kontrol otomatis perlu sekali dalam kontrol numerik dari mesin alat-alat bantu di industri. Kemajuan dalam teori dan praktek kontrol otomatis memberikan kemudahan dalam

mendapatkan performansi dari sistem dinamik, mempertinggi kualitas dan menurunkan biaya produksi, mempertinggi laju produksi, menghilangkan pekerjaan-pekerjaan rutin dan membosankan yang harus dilakukan oleh manusia dan sebagainya.

Perancangan sistem pengontrolan alat sortasi buah apel ini adalah bagaimana menciptakan suatu sistem pada sebuah alat sortasi yang bisa diatur sedemikian rupa sehingga alat ini bisa dikendalikan dan berkerja secara otomatis dan secara terus menerus (*continue*) pada saat bahan berada di *hopper*, kemudian pada saat buah berada pada ruang pengumpanan otomatis serta pada sistem buka-tutup pintu output hasil sortasi. Kesemua sistem tersebut berada dibawah kendali mikrokontroler. Tujuan dari perancangan sistem ini adalah untuk membuat program kontrol yang mengendalikan gerakan motor servo yang akan menentukan sistem kerja alat sortasi buah apel ini dengan menggunakan mikrokontroler. Sistem yang dibuat ini telah disesuaikan dengan masukan yang ada sehingga alat bisa berjalan dan berhenti pada waktu dan posisi yang tepat secara terus-menerus.



Gambar 2. Hasil Rangkaian Keseluruhan

Pengujian Rangkaian Elektronik

Pengujian mikrokontroler perlu dilakukan baik sebagai rangkaian masing-masing, sistem minimum, maupun sistem secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian berfungsi sesuai dengan prinsip kerja sistem yang dibuat atau tidak. Pengujian ini meliputi mikrokontroler sebagai minimum system, motor servo pada system rangkaian gerak alat sortasi, webcam sebagai sensor warna dan diameter buah dan rangkaian interface PC dengan system control.

Pengujian keseluruhan sistem yaitu pengujian mekanik dengan elektronik dapat berjalan dengan baik. Sensor pendeteksi bahan yaitu berupa kamera webcame dapat mendeteksi bahan dengan baik. Demikian pula program Delphi 7 yang telah rancang sebagai penganalisis dan pengolah data dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Mikrokontroler ATmega sebagai otak mampu memberikan menerima dan memberikan perintah kepada semua komponen yang dipakai untuk menggerakkan mekanik alat (motor servo pada masing- masing bagian) dengan sesuai dan benar.

Pemberian program pada mikrokontroller ATmega 16 yang digunakan adalah menggunakan bahasa *BASCOM AVR*, sedangkan untuk program pengolahan data buah menggunakan program Delphi 7.0. Kamera webcame sebagai pendeteksi buah bersama dengan program Delphi pada personal computer mengolah data grade diameter buah kemudian memberi masukan data kepada mikrokontroler ATmega 16 untuk memberi perintah kepada

masing-masing motor servo untuk mengerjakan perintah sesuai dengan program yang dijalankan.

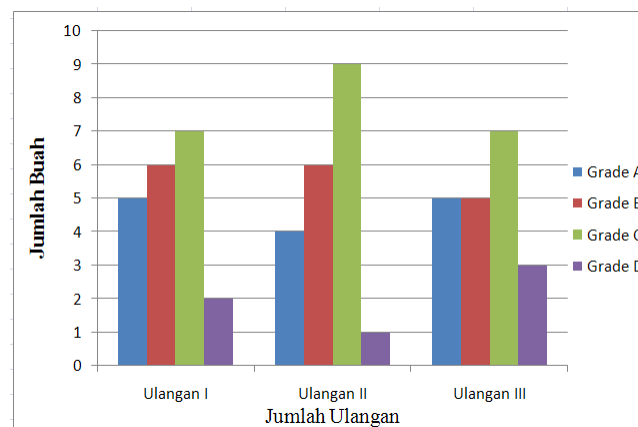
Kualitas Hasil Sortasi alat

Alat sortasi buah apel ini perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui konsistensi alat dan keakuratan data untuk menentukan kualitas grade pada masing-masing buah apel dalam melakukan suatu proses penyortiran buah. Pada pengujian ini menggunakan 20 buah sampel apel manalagi dengan berbagai ukuran diameter dari ukuran dari 4 cm – 7.5 cm. Pengujian dilakukan tiga kali pengulangan dengan objek sampel buah yang sama. Pembagian nilai kualitas grade berdasarkan ukuran diameter buah seperti ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Pengklasifikasian Nilai Grade Buah Apel Manalagi Berdasarkan Ukuran Diameternya.

Nilai Grade Buah Apel	Ukuran Diameter (mm)
D	< 50
C	50 – 59
B	60 – 70
A	≥ 70

Adapun hasil pengujian kualitas konsistensi sortasi seperti terlihat pada Gambar 2 berikut ini :



Gambar 3. Kualitas konsistensi hasil sortasi

Berdasarkan hasil pengujian seperti ditunjukkan grafik pada Gambar 3. diatas dapat diketahui bahwa hasil data yang diperoleh cukup seragam, hal ini menunjukkan alat sortasi ini dapat bekerja dengan cukup baik dan cukup akurat dalam melakukan proses pengolahan buah berdasarkan nilai ukuran diameternya. Adapun adanya perbedaan data yang dihasilkan tersebut bisa disebabkan faktor-faktor berikut ini :

- Posisi buah dalam proses sortasi yang berbeda pada saat menghadap ke kamera.
- Pembacaan nilai diameter *pixel* yang berbeda oleh program sehingga meyebabkan penentuan nilai diameter real yang dihasilkan berbeda.
- Adanya pengaruh cahaya yang berdeda maupun kualitas *pixel* pada kamera webcame sehingga pembacaan nilai grade bisa berbeda.

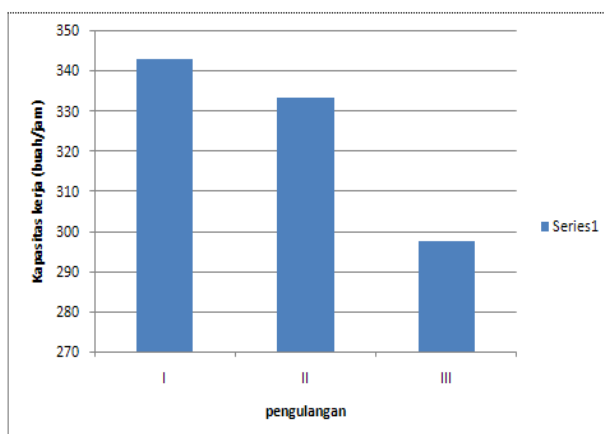
Kapasitas Kerja Alat

Kapasitas kerja merupakan kemampuan alat untuk bekerja selama waktu tertentu. Pada pengujian kapasitas kerja ini parameter yang diamati adalah lamanya waktu proses penyortiran

terhadap bahan. Bahan yang dipakai pada pengujian kapasitas kerja adalah buah apel sebanyak 20 buah. Proses pengujian kapasitas kerja hasil sortasi ini dilakukan dalam tiga kali pengulangan. Adapun tabel hasil pengujian kapasitas kerja alat ditunjukkan pada Tabel 2. berikut ini :

Tabel 2. Hasil Pengujian Kapasitas Kerja Alat Sortasi Buah Apel.

Ulangan	Jumlah Buah (buah)	Waktu (detik)	Kapasitas kerja (buah/jam)
I	20	210	342.86
II	20	216	333.34
III	20	242	297.52
Rata-rata	20	222.67	324.57



Gambar 4. Kapasitas Kerja Alat Sortasi

Dari data pengujian kapasitas kerja pada Tabel 2 diatas, dapat diketahui bahwa alat sortasi ini memiliki rata-rata kapasitas kerja sortasi sebesar 20 buah/222.67 detik atau sama dengan 324.57 buah/jam. Hal ini masih berada di bawah kapasitas efektif yang bisa dicapai oleh alat sortasi ini yang bisa mencapai nilai kapasitas kerja 600 buah/jam. Hal ini terjadi karena disebabkan oleh beberapa hal diantaranya :

- 1) Proses untuk melakukan sortasi pada objek buah melebihi waktu efektif yang dibutuhkan, terutama pada buah yang berukuran diameter besar.
- 2) Motor servo yang bekerja pada sistem pengumpanan buah masih bekerja kurang efektif karena torsi motor servo yang dihasilkan kurang kuat untuk melakukan dorongan kepada buah begitu juga pada motor servo yang berada di sistem hopper.

Untuk mengatasi permasalahan diatas maka bisa dilakukan perbaikan pada sistem pengumpanan dan hoppernya terutama dengan mengganti motor servo yang telah ada dengan motor dc yang memiliki kekuatan torsi yang baik atau bisa pula perbaikan dengan motor servo dengan kualitas torsi yang lebih kuat. Alat sortasi ini memiliki kelebihan dan kekurangan, beberapa kelebihan alat ini diantaranya :

- 1) Alat sortasi ini memiliki mekanisme kerja yang sederhana dan bekerja secara otomatis dengan pengumpanan buah, sistem hopper, dan pintu *output* sortasi buah.
- 2) Kapasitas kerja efektif buah bisa mencapai 600 buah/jam, hal ini karena proses menyortasi satu objek buah membutuhkan waktu 6 detik pada kondisi seluruh sistem bekerja dengan baik.

Sedangkan kelemahan alat pemotong otomatis ini antara lain:

- 1) Masih terjadi kendala pada bagian sistem pengumpanan buah serta bagian hopper sehingga kapasitas kerja efektif belum tercapai serta laporan hasil sortasi menjadi kurang sesuai.

- 2) Masih perlu penelitian tentang efek kerusakan yang bisa terjadi pada objek buah dengan sistem sortasi yang diterapkan pada alat ini.
- 3) Kekuatan kerja alat secara umum masih perlu untuk dilakukan perbaikan dan ditingkatkan lagi.



Gambar 5. Alat sortasi Buah Apel Manalagi

Kesimpulan

Alat sortasi otomatis buah apel manalagi (*malus sylvestris mill*) dibuat dengan bagian utama berupa Mekanik alat dan elektronik alat. Mekanik alat terdiri atas sistem hopper, sistem pengumpana buah, dan pintu *output* hasil sortasi. Pada bagian elektronik alat terdiri atas sistem kontrol ATmega 16 dan perangkat komputer untuk pengolahan data. Alat sortasi buah apel manalagi ini dapat berjalan sesuai dengan kontrol yang diberikan yakni mikrokontroler ATmega 16 sebagai *processor* pengendali dan program delphi 7.0 sebagai pengolah data grade ukuran diameter buah apel, mekanisme kontrol dan sortasi diameter buah berjalan dengan baik. Pengujian konsistensi hasil sortasi didapatkan data yang cukup seragam. Dalam hal ini berarti alat dapat bekerja dengan baik dan cukup akurat dalam melakukan proses pengolahan buah berdasarkan nilai ukuran diameternya. Untuk kapasitas kerja alat sortasi buah apel hasil rancangan didapatkan rata-rata sebesar 20 buah/222.67 detik atau sama dengan 324.57 buah/jam. Hal ini masih dibawah kapasitas kerja rancangan yang bisa didapatkan pada alat sortasi buah ini yaitu sebesar 600 buah/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2003. *Datasheet AVR Atmega 16, pdf*. ATMEL Corp (www.atmel.com)
- Anonymous, 2005. *Bascom Language Fundamentals*. ATMEL MCS Electronics. (www.MCSelectronics.com)
- Anonymous. 2009. *Budidaya Tanaman pangan apel Manalagi*. Diakses pada tanggal 7 november 2011 (www.agrobiosnisindonesia.com)
- Anonymous. 2011. *rancangan konveyor untuk alat sortir jeruk*. Diakses pada tanggal 26 Desember 2011. www.blogspotkonveyor+inzar.com
- Abdul, Kadir .2000. *Konsep dan Tuntunan Praktis Basis Data*, Yogyakarta : Andi.
- Andi, Kurnia. 2011. *PC Camera Video Capture*. Diakses pada tanggal 7 november 2011(www.ilmucomputer.com)

- Andi Nalwan, P. 2011. *AN-0012 Jenis-jenis Motor*. www.robotindonesia.com. Diakses 15 Mei 2011
- Chandra, R. sianipar. 2010. *Uji Pensortiran Komoditas Buah Pada Alat Sortasi Jeruk Tipe Gravitasi*. Medan : Unsu
- Daryanto, 2000. *Fisika Teknik*. Rineka Cipta : Jakarta.
- Dewobroto, Wiryanto. 2002. *Aplikasi Sain dan Teknik dengan Visual Basic 6.0*. Elex Media Computindo: Jakarta
- Dudy, R. 1997. *Desain dan Uji Teknis Unit Pemasukan pada Alat Sortasi Buah Jeruk*. Skripsi. Fateta-IPB: Bogor.
- Idhawati Hestingsih. 2007. *Pengolahan Citra. Diakses Melalui Situs Internet* : <http://idhaclassroom.com>. Diakses pada tanggal 15 Mei 2011.
- Jain, R., R. Kasturi and B.G. Schunck. 1995. *Machine Vision*. McGraw-Hill Book, Inc. New York, USA.
- Komputer Wahana. 2003. *Program Borland Delphi 6*. Andi: Semarang
- Mukhlis, A. 1989. *Teknik Pengolahan Hasil Pertanian*. Terjemahan Agricultural Process Engineering. Fateta IPB: Bogor
- Prihmantoro, H., dan Y.H. Indriani., 1999. *Hidroponik Sayuran Semusim untuk Bisnis dan Hobi*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Rodriguez, P., B.I. Raina, E.B. Pantastico, dan M.B. Batti. 1975. *Mutu Bahan-bahan Mentah untuk Pengolahan. Fisiologi Pasca panen, Penanganan dan pemanfaatan Buah-buahan dan sayur-sayuran tropika dan Sub Tropika*. Gajah Mada University press: Yogyakarta.
- Safrudin, cholis. 2011. *Introduction to BASCOM AVR Compiler*. di akses pada tanggal 7 november 2011. (www.mcselec.com)
- Sanlohat, A., 2008. *Hukum-newton pada Bidang Datar dan Bidang-miring*. <http://www.gurumuda.com>. Di akses pada: 10 Agustus 2009.
- Satriyo, Budi. 2000. *Mesin Sortasi Buah Jeruk Tipe BSM-1*. Tangerang: BBPMP
- Satuhu, S., 1996. *Penanganan dan Pengolahan Buah*. Penebar Swadaya: Jakarta
- Sears, F.W. 1962. *Optics*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc: Tokyo.
- Sudaryanto Zain, Dadi Rusendi, Syarifah Nurjanah. 2005. *Teknologi Pengolahan Pasca Panen Biji-bijian*. Modul Kuliah. Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Padjadjaran.
- Zainul Arham, Usman Ahmad, Suroso. 2004. *Evaluasi Mutu Jeruk Nipis (Citrus Aurantifolia Swingle) Dengan Pengolahan Citra Digital Dan Jaringan Syaraf Tiruan*. Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi Dan Komputasi Serta Aplikasi 2004: Bandung.