

PERANCANGAN SISTEM KENDALI KONVEYOR
MENGUNAKAN MIKROKONTROLER AT89C51 UNTUK SORTASI JERUK
MANIS (*Citrus sinensis L.*) BERBASIS CITRA

*Conveyor Control System Design Using the AT89C51 Microcontroller for
Sorting of Sweet Orange (Citrus sinensis L.) Based on Their Physical
Appearances*

Bambang Dwi Argo¹⁾, Nova Yogantoro²⁾

- 1) Staf pengajar Jurusan Teknik Pertanian, FTP Universitas Brawijaya, Malang
- 2) Alumni Jurusan Teknik Pertanian, FTP universitas Brawijaya, Malang
Jl. Veteran, Malang Telp/Fax.(0341)571708

ABSTRACT

Considering the plantation area and annual production, orange is the third most important commodity after banana and mango. Orange from harvesting has variety maturity and dimension so that needs sorting. Manual sorting cannot yield election of quality maximally.

The use of automated mechanical sorting for agricultural produces is expected not only to eliminate boring and time consuming jobs, but also to reduce cost by minimizing of labors. This particular research was conducted to develop and to test a conveyor controller system using a PC equipped with the AT89C51 microcontroller, as an automated mechanical sorting system for mandarin oranges. The fruit was put on the running conveyor at which the image was recorded and then input to the developed system. The fruits classification was based on their physical appearances.

The developed system consisted of two main parts: the mechanical subsystem, i.e. a conveyor which was equipped with the classification mechanism and the electronics subsystems, i.e. the AT 89C51 microcontroller that serially connected with a PC, functioned as the main controlling unit.

Test results showed that the position control system worked according to the previous expectation. The average conveyor slip was 6.87 % resulted from the V-belt transmission. The precision of the halted fruit under the imaging unit was greatly influenced by the positioning of the light sensors, rotation of motor, and the position of the imaging camera. The average capacity of the system based on the imaging analysis time and the motor rotation were 213 fruits/hour (43.07%) and 442 fruits/hour (89.41%), respectively. They were lower than the ideal capacity of 495 fruits/hour.

Key words: Mandarin Oranges, Sorting, AT89C51 Microcontroller

PENDAHULUAN

Kapasitas ekspor jeruk Indonesia sampai saat ini masih belum optimal jika dibandingkan dengan potensi yang ada. Karakteristik buah jeruk pada umumnya berdasarkan sifat fisik buah (ukuran, bentuk, warna, dan rasa) dan sifat kimia (kandungan gula total, kandungan asam dan vitamin C). Sifat fisik dan kimia buah sangat erat hubungannya dengan kualitas

buah. Kualitas yang baik ialah kulit tipis, juring teratur, volume *juice* tinggi, daging buah lunak, rasa manis, aroma harum, warna menarik, dan laku di pasaran. (Soelarso, 1996). Salah satu faktor yang berpengaruh pada kecilnya nilai ekspor jeruk adalah aspek sortasi yang masih menggunakan sistem manual. Sortasi secara manual memiliki beberapa kelemahan: a) tingkat keseragaman ukuran dan tingkat kematangan yang dihasilkan

rendah, b) hasil sortasi tergantung pada pengalaman dan kondisi operator, c) standar mutu dapat berubah-ubah dan d) kapasitas rendah.

Keterbatasan - keterbatasan tersebut, memerlukan suatu alat bantu untuk dapat menyortir secara tepat dan berjalan secara otomatis. Keunggulan penggunaan sistem sortasi otomatis adalah: a) tingkat keseragaman tinggi b) standar sortasi tetap dan bisa di atur sesuai dengan keinginan dan c) kapasitas lebih tinggi.

Pengolahan citra (image processing) sendiri merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Citra yang dimaksudkan adalah citra digital untuk membedakan dengan citra lain seperti foto, dan lain-lain. Proses ini mempunyai data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra. Teknik ini cukup banyak digunakan dalam proses pengembangan sortasi menggunakan mata elektronik dengan akurasi tinggi (Li Zao, 2000). Metode pengolahan citra dapat memungkinkan perolehan hasil sortasi yang seragam, memiliki tingkat kesalahan yang rendah, dan sesuai dengan standar mutu pasar yang telah ditentukan. Selanjutnya dikatakan juga oleh Ahmad (2001) bahwa dalam pengambilan citra, hanya citra yang berbentuk digital saja yang dapat diproses oleh komputer digital dimana data citra yang dimasukkan berupa nilai-nilai integer yang menunjukkan nilai intensitas cahaya atau tingkat keabuan tiap pixel. Kemudian citra digital yang diperoleh secara otomatis dari sistem penangkap citra, membentuk suatu matrik dimana elemen-elemennya menyatakan nilai intensitas cahaya pada suatu himpunan diskrit dari titik. Sistem tersebut merupakan bagian terdepan dari suatu sistem pengolahan citra.

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah a) untuk merancang sistem pengendali posisi konveyor penyalur pada mesin sortasi jeruk berbasis pencitraan menggunakan mikrokontroler AT89C51. dan b) untuk mengetahui kinerja unit pengendali konveyor yang terdiri dari rangkaian kontrol otomatis, sensor dan motor penggerak melalui uji teknis.

Permasalahan yang mendasari penelitian ini adalah bagaimana merancang suatu sistem pengendali posisi gerak konveyor sehingga buah berhenti dan tercitra secara tepat. Penelitian dititikberatkan pada perancangan sistem pengontrolan konveyor menggunakan mikrokontroler AT89C51.

Mikrokontroler adalah suatu sistem minimum yang berorientasi untuk pengaturan suatu alat. Mikrokontroler yang juga bisa dikatakan mikrokomputer dirancang lebih mengarah ke pengendalian perangkat keras (Juwono, 2002). Menurut Data *Sheet Atmel* (1997), mikrokontroler AT89C51 merupakan mikrokomputer 8 bit yang memiliki EPROM sebesar 4 *Kbytes*. Mikrokontroler AT89C51 dapat diprogram dengan mengisikan suatu program didalamnya dan jika terjadi kesalahan program dapat diganti sehingga mikrokontroler AT89C51 sangat fleksibel dan efektif dalam mengontrol suatu aplikasi. Disamping itu mikrokontroler AT89C51 berharga murah dan dapat mudah didapat. Mikrokontroler AT89C51 mempunyai karakteristik sebagai berikut: a) Sebuah CPU (*central processing unit*) 8 bit yang termasuk keluarga MCS 51 b) Osilator internal dan rangkaian pewaktu, c) RAM internal 128 *byte* (*on-chip*), d) Empat buah programmabel *port* I/O, masing - masing terdiri atas 8 buah jalur I/O, e) Dua buah *timer/counter* 16 bit, f) Lima buah jalur interupsi 2 buah interupsi *eksternal* dan 3 buah interupsi *internal*), g) Sebuah *port* serial dengan kontrol serial *full duplex* UART, h) Mampu melaksanakan operasi perkalian, pembagian, dan operasi *boolean* i) Kecepatan pelaksanaan instruksi per siklus 1 mikrodetik pada frekuensi *clock* 12 MHz. Dengan karakteristik tersebut, pembuatan alat menggunakan AT89C51 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Blok diagram dari mikrokontroler AT89C51 diperlihatkan pada Gambar 1.

Menurut Juwono (2002), pada 89C51 terdapat memori program *non-volatile* FLASH yang dapat diprogram secara paralel dan dapat juga diprogram secara serial. Mikrokontroler ini memiliki instruksi

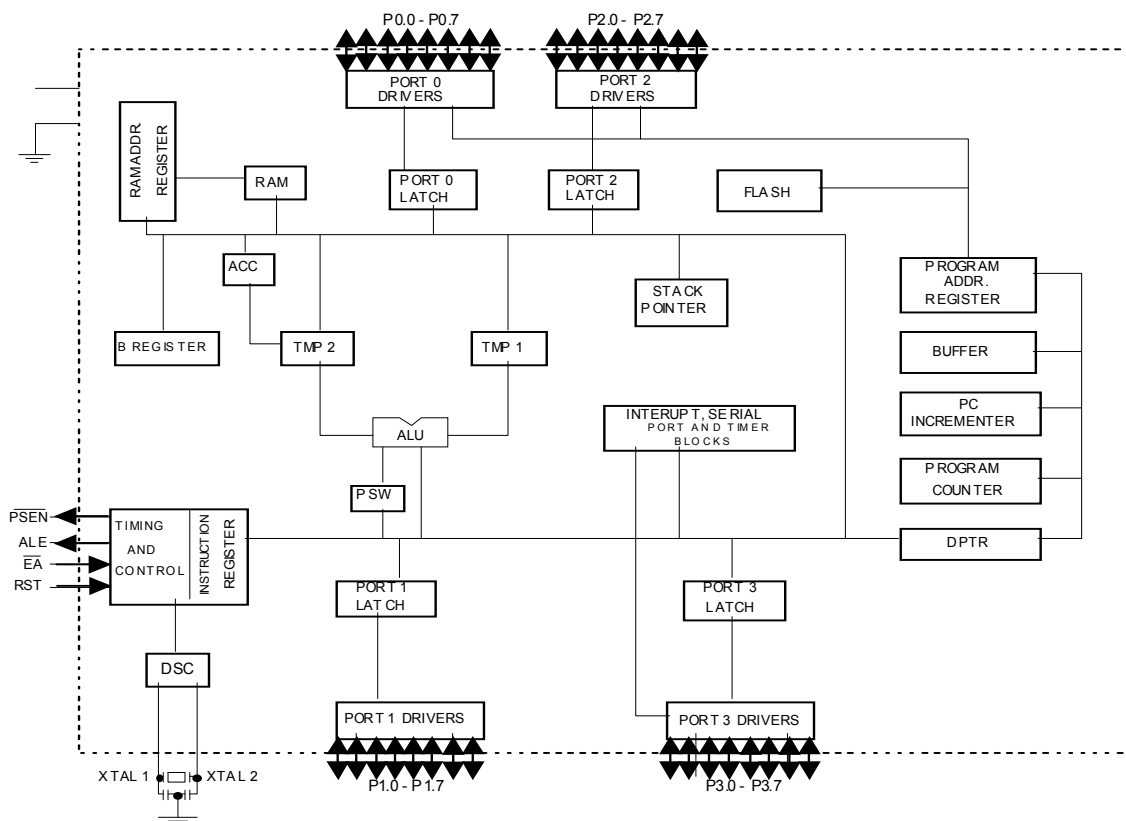
yang sama seperti mikrokontroler 80C51. Sedangkan menurut Putra, (2004) mikrokontroler *Flash* AT89C51/52 dari *Atmel* memiliki ruang alamat memori program dan memori data yang terpisah

BAHAN DAN METODE

Penelitian mulai dilakukan pada bulan September 2005, dan dilaksanakan di bengkel *Technical Supporting Service Unit* (TSSU) Universitas Brawijaya Malang. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah a) Perancangan : satu set peralatan gambar dan komputer, b) Pembuatan: mesin bubut, peralatan las, mesin bor, mesin gerinda, satu set kunci pas, gergaji besi, c) Pengujian : *stopwatch*, *tachometer*, dan penggaris. Sedangkan bahan yang digunakan untuk pengujian adalah jeruk manis varietas pacitan.

Metode yang digunakan yaitu a) Perancangan sistem pengendali konveyor, b) Perancangan *hardware* meliputi

pembuatan perangkat elektronika dan mekanik konveyor mesin sortasi jeruk, c) Perancangan *software* dengan bahasa *assembly* untuk sistem mikrokontroler dan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 5.0 untuk antarmuka antara mikrokontroler dengan komputer, d) Pengujian hasil unjuk kerja sistem kendali konveyor dilakukan pada mesin sortasi jeruk menggunakan konveyor penyalur mendatar dengan panjang 2000 mm dan lebar sabuk 200 mm dan tinggi rangka 750 mm. Sensor cahaya diletakkan tepat di bawah kamera pencitra dengan asumsi bahwa *slip* konveyor sangat kecil. Sistem pengendali diuji ketepatan pembacaan sensor terhadap objek berupa jeruk yang bergerak pada sabuk mendatar, kecepatan gerak konveyor berdasarkan putaran *pully* penggerak, waktu tunda pada saat pencitraan dan waktu proses keseluruhan sehingga didapat data estimasi kapasitas kerja dan efisiensi kerja sistem, e) analisa hasil dan membuat kesimpulan.



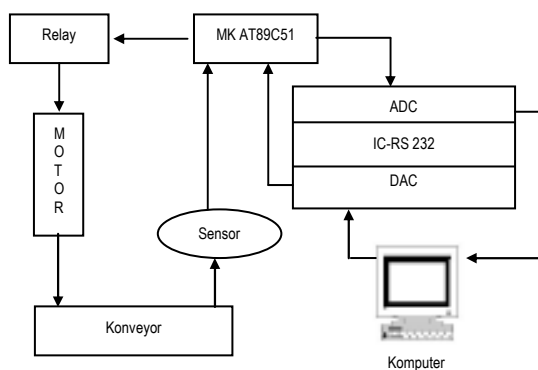
Gambar 1. Diagram mikrokontroler AT89C51 (*Atmel*, 1997)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Sistem Kendali

Perancangan sistem pengendali dibuat menggunakan mikrokontroler AT89C51 sebagai processor pengendali. Sistem yang dirancang diperlihatkan seperti Gambar 2.

Pembacaan masukan pada sistem kendali menggunakan sensor cahaya yaitu sebuah *photodiode* dan sebuah LED merah sebagai sumber cahaya. *Photodiode* akan mengalirkan arus yang tergantung dari cahaya yang mengenai komponen. Berdasarkan masukan arus dari sensor cahaya selanjutnya mikrokontroler akan memberikan perintah pengontrolan posisi konveyor. *Delay* waktu pengendali posisi dirancang dan disesuaikan dengan masukan dari sistem lain sehingga sistem keseluruhan bisa berjalan sempurna.



Gambar 2. Diagram Sistem Alat

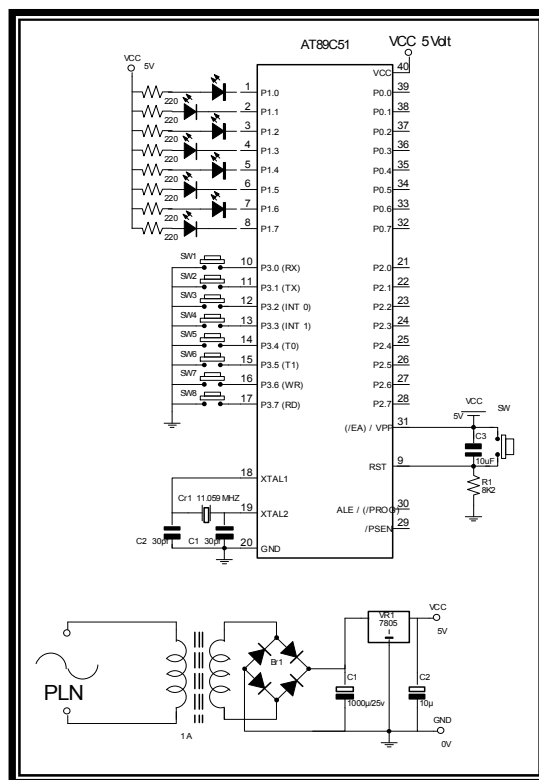
Pengujian

Pengujian Rangkaian Mikrokontroler Sebagai Input

Pengujian rangkaian mikrokontroler sebagai *input* bertujuan untuk membuktikan bahwa *port* pada mikrokontroler dapat dijadikan sebagai *input* (masukan) untuk *port* lain. Dalam keadaan normal, *port-port* pada mikrokontroler berlogika 1. Logika 1 pada emulator berarti bahwa LED dalam keadaan mati (Gambar 3).

Kaki-kaki pada *port* 3 (Gambar 3) masing-masing dihubungkan dengan *switch* dan kaki-kaki pada *port* 1 masing-masing dihubungkan dengan LED. Bila salah satu *switch* pada kaki *port* 3 ini ditekan akan menyebabkan kaki tersebut berlogika 0. Pada saat kaki tersebut berlogika 0, maka

ia menjadi *input* bagi kaki-kaki pada *port* 1, yang menyebabkan kaki pada *port* 1 juga berlogika 0 sehingga LED menyala.



Gambar 3. Rangkaian MK sebagai Input

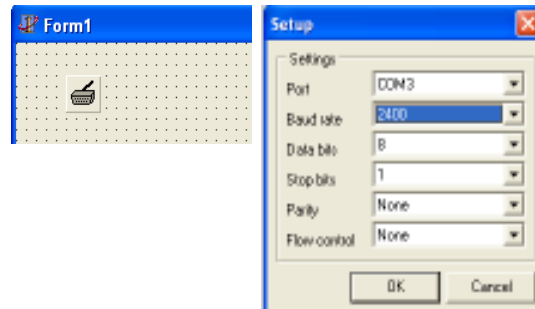
Pengujian Rangkaian Mikrokontroler Sebagai Output

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah *port-port* paralel pada mikrokontroler yang digunakan dapat berjalan dengan baik. Dalam pengujian ini kaki-kaki pada *port* 1 dihubungkan dengan LED. Dalam keadaan normal *port* berlogika 1 (LED mati). Pada saat *port* 1 diberi logika 0, maka LED menyala. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mikrokontroler dapat dijadikan sebagai *output*. Rangkaian pengujiannya ditunjukkan pada Gambar 4.

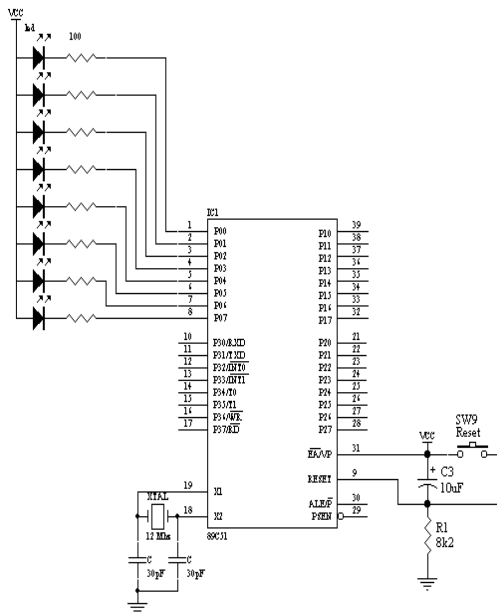
Pengujian Komunikasi Serial Komputer dengan Mikrokontroler

Pengujian komunikasi serial komputer dengan mikrokontroler bertujuan untuk membuktikan IC MAX 232 dapat mengubah tegangan dari TTL ke RS 232 dan sebaliknya secara baik. *Comport*

merupakan bagian dari komponen program Delphi yang memiliki beberapa *properties*. Diantaranya *properties boudrate* yang digunakan untuk menentukan kecepatan transmisi data dan *properties connected* digunakan sebagai indikasi apakah hubungan komunikasi serial diaktifkan. Untuk pengujian *comport* dan *setting boudrate* mikrokontroler dan komputer dapat dilihat pada Gambar 5. Sedangkan rangkaian pengujian komunikasi serial dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Pengujian *Comport* dan Setting *Baudrate*

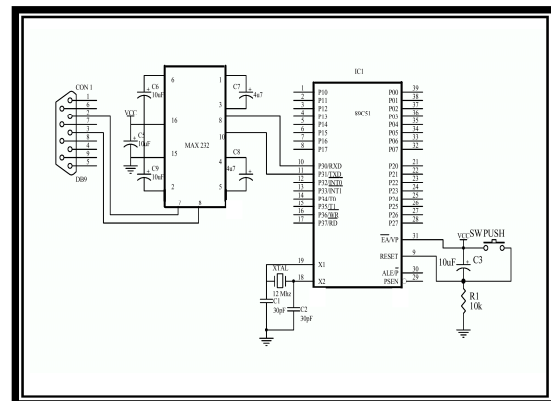


Gambar 4. Rangkaian MK sebagai *Output*

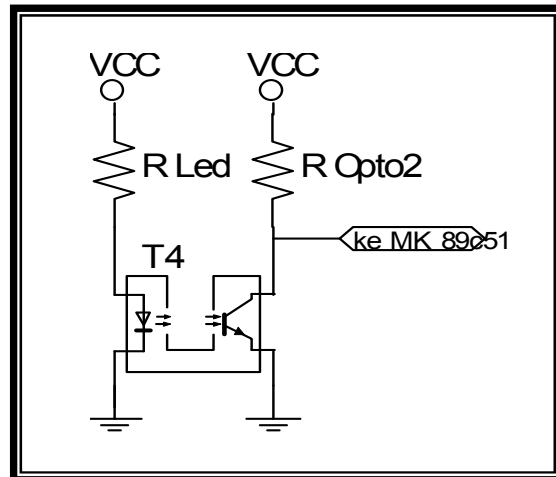
Pengujian Sensor Cahaya

Pengujian sensor cahaya dalam hal ini berupa *Photodiode* dan LED merah bertujuan untuk mengetahui apakah sensor dapat berfungsi sebagaimana mestinya yaitu memberi data masukan pada mikrokontroler yang selanjutnya akan diolah untuk mengendalikan posisi konveyor. Pengujian sensor menggunakan tegangan 5 Volt. Rangkaian sensor cahaya dapat dilihat pada Gambar 7.

Saat proses berjalan, sensor terus melakukan pembacaan dan akan memberikan input pada mikrokontroler ketika ada benda yang menghalangi pantulan cahaya. Sensor terhubung dengan *port 3.7*.



Gambar 6. Pengujian Komunikasi Serial dengan Mikrokontroler



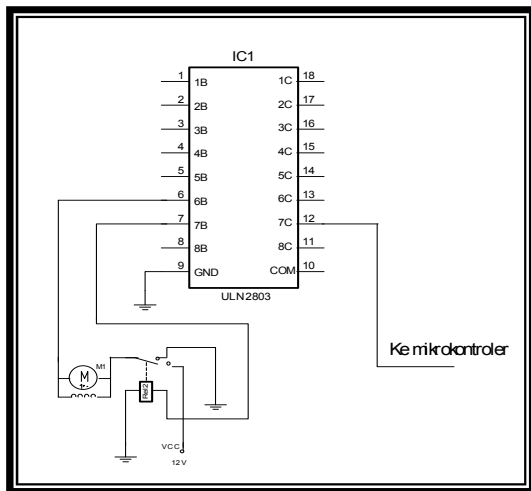
Gambar 7. Pengujian Sensor Cahaya

Pengujian *Driver Pengendali Motor Penggerak*

Pengujian ini dilakukan dengan cara, *driver relay* dihubungkan dengan *port 1.3*. menggunakan emulator mikrokontroler

sebagai pengganti motor dan alat. LED akan menyala dan mati sesuai dengan program yang dijalankan. Hal ini menunjukkan bahwa *driver relay* dapat memutuskan dan menghubungkan arus ke emulator tersebut. Rangkaian pengujian *driver* dapat dilihat pada Gambar 8.

Penerapan secara nyata pada mesin mekanismenya yaitu *relay* akan memutuskan dan menyambung arus ke motor penggerak sesuai dengan masukan yang ada sehingga motor penggerak akan mati dan berjalan secara tepat.



Gambar 8. Rangkaian Driver Relay

Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan dengan cara merangkai keseluruhan alat dan mengujinya dengan program *assembler* dan Delphi yang telah dibuat. Tampilan program adalah seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Simulasi Program Delphi 5.0

Analisa Sistem Kendali

Perancangan sistem kendali konveyor menggunakan sensor cahaya untuk mendeteksi keberadaan obyek yang akan diolah. Sensor terdiri dari sebuah *photodiode* sebagai penerima dan sebuah LED sebagai sumber cahaya. Kemampuan LED dalam mengalirkan arus listrik pada dasarnya memang sangat terbatas. Sebuah resistor pembatas arus perlu dipasang secara seri dengan LED, untuk membatasi arus yang mengalir. Dalam perancangan, V_{in} setara dengan tegangan catu otomotif saat motor dihidupkan sebesar 7 Volt (tegangan catu dasar 5 Volt), I_F LED ditetapkan sebesar 60 mA dan berdasar hubungan tegangan maju berbanding lurus dengan arus maju LED dapat diketahui nilai V_F sebesar 2,1 Volt.

Berdasarkan data-data tersebut maka dapat dihitung nilai resistor pembatas arus maju LED sebagai berikut:

$$R_D = \frac{7\text{Volt} - 2,1\text{Volt}}{60 \times 10^{-3} \text{ Ampere}} = 81,67 \text{ Ohm}$$

Nilai R_D disesuaikan dengan nilai resistor yang tersedia di pasaran yaitu sebesar 100 Ohm.

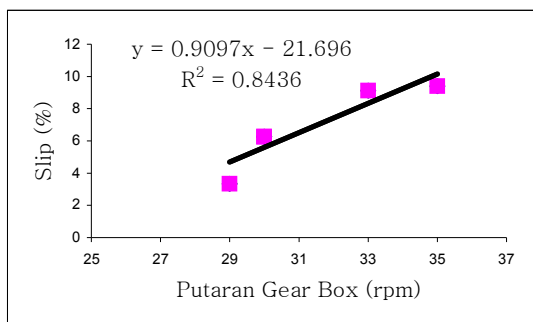
Perancangan *hardware relay* tidak menjadi satu dengan rangkaian minimum mikrokontroler karena *relay* yang dipakai untuk keseluruhan sistem ada 4 buah sehingga *driver relay* ditempatkan pada PCB tersendiri bersama-sama dengan IC ULN 2803. *Relay* yang dipakai pada sistem pengendali konveyor mempunyai spesifikasi:

- Tipe *relay* : OMR JQX-18F (4453)
- Tegangan : 250V AC, 28V DC, 12V DC
- Arus : 5 Ampere

Motor penggerak konveyor yang akan dikendalikan memiliki spesifikasi berikut:

- Jenis motor : motor AC satu fasa
- Tipe : JY09A-4
- Tenaga : $\frac{1}{4}$ HP
- Putaran : 1420 RPM Cont Clas E
- Tegangan : 110/ 220 Volt
- Arus : 4,8/ 2,4 Ampere
- Frekuensi : 50 Hz

Mesin sortasi jeruk yang digunakan untuk pengujian sistem dilengkapi dengan *gearbox* sebagai pereduksi putaran motor penggerak sehingga dihasilkan putaran keluaran sebesar 31.4 rpm, nilai tersebut terdapat selisih dengan nilai putaran hasil perhitungan sebesar 3.6 rpm. Putaran hasil perhitungan didapatkan dari estimasi perancangan alat rata-rata sebesar 35 rpm. Selanjutnya tenaga motor ditransmisikan ke *pulley* penggerak konveyor menggunakan sabuk - V dengan perbandingan putaran sebesar 1.2 : 1 yang berarti tenaga putar *pulley* penggerak konveyor hasil pengukuran rata-rata sebesar 17 RPM dan dari perhitungan didapat nilai tenaga putar rata-rata sebesar 16 RPM. *Slip* terjadi pada hubungan antara *gear box* dengan konveyor seperti terlihat pada Gambar 10.



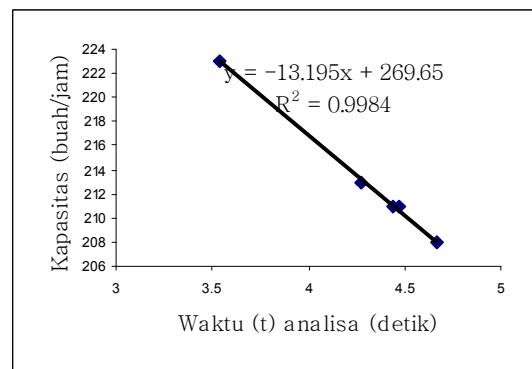
Gambar 10. Grafik Pada Hubungan Antara *gear box* dan Konveyor

Berdasarkan grafik pada Gambar 10 nilai *slip* akan semakin besar. Pada putaran 29 RPM nilai *slip* sebesar 3,33 % dan putaran 35 RPM menghasilkan nilai *slip* sebesar 9,4 %. Grafik hubungan diatas menghasilkan persamaan $y = 0,9097x - 21,696$ dengan nilai R^2 sebesar 0,8436. Nilai R^2 yang kecil dikarenakan penyebaran data pada grafik hubungan antara *gear box* dan konveyor yang tidak merata. *Slip* pada hubungan antara *gear box* dan konveyor terjadi sebagai akibat penggunaan sabuk-V untuk penyaluran daya.

Pengendalian posisi buah sangat dipengaruhi oleh kondisi pembacaan sensor dan ketepatan pengendalian motor oleh *driver relay* yaitu apabila sensor tidak bekerja sebagaimana fungsinya maka

driver relay tidak akan merespon dan konveyor akan terus berjalan menyalurkan buah tanpa berhenti pada posisi yang tepat pada unit pencitra. Prinsip kerja dari sistem kendali posisi konveyor ini adalah pemutusan arus pada motor penggerak oleh *driver relay* ketika sensor mendeteksi keberadaan buah sehingga konveyor akan berhenti beberapa saat untuk proses pencitraan. Besarnya kecepatan putaran penggerak dan percepatan konveyor juga akan sangat menentukan pengaturan posisi buah yang akan dicitrakan. Oleh karena itu selain pengaturan penempatan sensor juga perlu diperhatikan adanya momen yang terjadi akibat pemutusan arus secara tiba-tiba dan tanggapan transien pada saat konveyor berjalan lagi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa besarnya kecepatan konveyor rata-rata adalah 0,099 m/detik dengan percepatan sebesar 0,241 m/detik² dan putaran motor setelah direduksi sebesar 35 RPM. Momen puntir yang tercipta sebesar 1.25 Nm dan tegangan geser yang diijinkan adalah sebesar 705.775 kPa.

Kapasitas pergerakan buah yang dihasilkan pada pengujian ini menunjukkan bahwa waktu analisa pencitraan dan besarnya kecepatan putar motor sangat mempengaruhi kapasitas (Gambar 11).

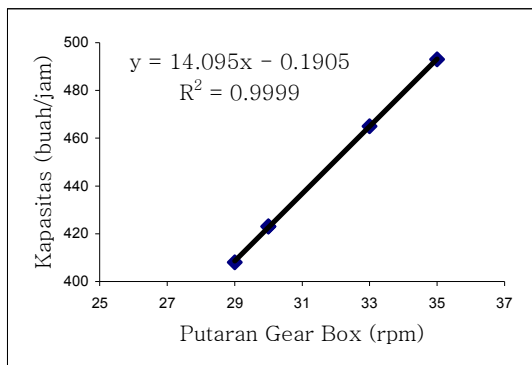


Gambar 11. Grafik Hubungan Waktu

Analisa Pencitraan dan Kapasitas Mampu

Berdasarkan grafik pada Gambar 11, terlihat bahwa semakin lama waktu analisa pencitraan maka kapasitas mampu pergerakan buah pada konveyor akan semakin kecil. Persamaan yang dihasilkan

adalah $y = -13,195x + 269,65$ dengan nilai R^2 sebesar 0,9984. Sementara hubungan antara besarnya kapasitas mampu dengan kecepatan putar motor ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Putaran *gear box* dan Kapasitas Mampu Buah

Dengan persamaan $y = 14,095x - 0,1905$ dan nilai $R^2 = 0,9999$ terlihat bahwa jumlah putaran motor berbanding lurus dengan kapasitas mampu buah. Kondisi ini berbanding terbalik dengan hubungan antara waktu analisa pencitraan dan kapasitas mampu buah. Kapasitas mampu rata-rata berdasarkan waktu analisa pencitraan dan berdasarkan jumlah putaran motor adalah sebesar 213 buah/jam dan 442 buah/jam dari kapasitas ideal sebesar 495 buah/jam. Sedangkan rata-rata efisiensi yang terjadi adalah sebesar 43,072 % dan 89,408 %.

Pengujian sistem secara keseluruhan menunjukkan bahwa masing-masing sistem dapat tersambung dan terkoordinasi secara baik. Ini menunjukkan bahwa tujuan awal yaitu melakukan perancangan sistem kendali konveyor pada mesin sortasi jeruk berbasis pencitraan menggunakan mikrokontroler AT89C51 telah tercapai.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan yaitu (1) Prinsip pengendalian konveyor pada mesin sortasi jeruk berbasis citra yaitu pengendalian motor penggerak dengan

memutus dan menyambungkan arus dengan mengkombinasikan *relay* sebagai saklar dengan sensor cahaya, (2) Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketepatan posisi buah yang berhenti pada unit pencitra sangat dipengaruhi oleh penempatan posisi sensor cahaya, jumlah putaran yang dihasilkan motor penggerak, dan penempatan posisi kamera pencitra, (3) Pengumpanan buah ke konveyor penyalur masih menggunakan tenaga manusia sehingga pengaturan jarak untuk pemilahan buah masih belum efektif. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa pengaturan jarak pengumpanan buah pada akhirnya disesuaikan dengan hasil analisa pencitraan buah sebelumnya, (4) Jarak rata-rata pengumpanan tiap buah sebesar 0,8 m, dengan kecepatan (v) rata-rata konveyor sebesar 0,099 m/detik dan percepatan rata-rata sebesar 0,241 m/detik². Kapasitas mampu buah rata-rata berdasarkan waktu analisa pencitraan sebesar 213 buah/jam dan berdasarkan jumlah putaran motor rata-rata sebesar 442 buah/jam dari kapasitas ideal sebesar 495 buah/jam, (5) Rata-rata efisiensi kapasitas penyortiran berdasarkan waktu analisa pencitraan adalah sebesar 43,072 %, sedangkan rata-rata efisiensi kapasitas penyortiran berdasarkan jumlah putaran motor 89,408 %. Konveyor mengalami *slip* rata-rata sebesar 6,87 % sebagai akibat penggunaan transmisi sabuk-V, (6) Pendeteksian buah dengan menggunakan sensor cahaya dalam hal ini LED merah dan *photodiode* memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah kemampuan LED dalam menghantarkan arus sangat terbatas sehingga beberapa kali sensor tidak merespon adanya buah yang lewat.

Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah: (1) Pada penelitian selanjutnya perlu dicari mengenai besarnya tanggapan transien dari konveyor. Selain itu perlu juga diteliti pengaruh kehalusan dan kekasaran permukaan buah dan belt konveyor pada hasil penyortiran, (2) *Transmitter* sensor sebaiknya diganti dengan cahaya laser sehingga penerimaan sinyal oleh *receiver* sensor bisa terfokus, dengan begitu sistem pendeteksian buah dapat berjalan lancar, (3) Perlu diteliti

lebih lanjut besarnya penyesuaian *delay* waktu antara pencitraan, sistem pengendali konveyor dan pemilahan buah, (4) Untuk meminimalisasi terjadinya *slip* pada konveyor akibat penggunaan transmisi sabuk-V maka pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan transmisi rantai, (5) Untuk menjaga agar posisi buah tetap stabil di tengah konveyor akibat selip pada kecepatan tinggi, maka perlu pemasangan karet gelang setebal 5 mm pada rangkaian konveyor sebagai tatakan posisi buah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, U., A.Abrar and H.K. Purwadaria. 2001. Determination of Bruise Development rate on Salak Fruit Using Image Processing. Proceedings of 2nd IFAC-OIGR Workshop on Intelligent Control for Agricultureal Application. Bali, Indonesia, August 22-24.
- Atmel. 1997. *8-Bit Microcontroller with 4 Kbyte Flash AT 89C51*. Atmel Corporation
- Juwono, Marsudi. 2002. Diktat Kursus Mikrokontroler 89xxx. JNN COMPUTER. Malang
- Li, Z., L. Zhao and N.Y. Soma. 2000. Fractal Color Image Compression. Proceedings of XIII Brazillian Symposium on Computer Graphics and Image Processing; Gramado (RS), Brazil, October 17-20.
- Putra, A.E. 2004. Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi Edisi Kedua. Gava Media, Yogyakarta
- Soelarso, R. B. 1996. Budidaya Jeruk Bebas Penyakit. Kanisius. Yogyakarta