

Rancang Bangun Alat Perajang Otomatis Ubi Kayu (*Manihot Esculenta*) sebagai Bahan Dasar Keripik Berbasis Mikrokontroler AT89S52

Wahyunanto Agung Nugroho *, Mochamad Bagus Hermanto, Rohganga Bahwono, Joko Prasetyo

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

*Penulis Korespondensi, Email: wahyunanto@ub.ac.id

ABSTRAK

Ubi kayu (*Manihot esculenta*) merupakan salah satu jenis umbi-umbian yang sudah dikenal luas di Indonesia, karena mudah dalam penanaman dan perawatan, ubi kayu dapat tumbuh dengan baik di berbagai kondisi tanah. Usaha pengolahan ubi kayu menjadi keripik yang sudah berkembang masih banyak menggunakan tenaga manusia khususnya pada proses perajangan. Penggunaan tenaga manusia ini tentunya memiliki beberapa kekurangan diantaranya hasil ketebalan potongan tidak seragam, kapasitas kecil dan membutuhkan waktu yang lama. Permasalahan diatas memberi ide untuk merancang dan membuat alat pemotong ubi kayu dengan menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai otomatisasi dan otak (*processor*) dari suatu alat. Dengan adanya alat pemotong otomatis dengan mikrokontroler AT89S52 ini diharapkan akan banyak membantu pemotongan bahan keripik secara efektif dan efisien.

Kata kunci: Perajang, Keripik, Mikrokontroler AT89S52, Ubi Kayu

Design of Automatic Cutting Machine of Cassava (*Manihot Esculenta*) as Basic Material of Chips Based on Microcontroller AT89S52

ABSTRACT

*Cassava (*Manihot esculenta*) is one type of tubers that have been widely known in Indonesia, because it is easy to plant, easy to maintain, and cassava can grow well in various soil conditions. Commercial food processing of cassava into chips, mostly still done manually, especially in slicing process. It has some limitations such as it can not produce only uniform thickness, small capacity and requires more time. Those are gives an idea to design and create cassava slicer using AT89S52 microcontroller. Automatic cassava slicer using AT89S52 microcontroller can be expected to support slicing of cassava as raw materials of chips in order to be effective and efficient.*

Key words: Cassava, Chips, Microcontroller AT89S52, Slicer

PENDAHULUAN

Pada masa sekarang ini konsumsi masyarakat terhadap makanan semakin meningkat, terutama terhadap makanan alternatif. Hal tersebut mendorong produsen makanan untuk selalu meningkatkan atau menambah varian dari produk makanan alternatifnya. Salah satu dari makanan alternatif yang digemari masyarakat adalah keripik. Pada industri rumah tangga, pembuatan keripik terutama pada proses pemotongannya dilakukan secara manual yaitu

memotongnya dengan tangan dan alat yang digunakan untuk memotong bahan tersebut adalah pisau. Proses pembuatan keripik dengan pemotongan manual mempunyai banyak kelemahan yaitu waktu proses lama, tebal sayatan tidak bisa seragam, permukaan sayatan bergelombang. Mesin ini dipergunakan untuk menggantikan penggunaan tenaga manusia pada proses pengirisan, perajangan dan pemotongan. Mesin-mesin tersebut memiliki kelebihan yakni pemotongan yang dilakukan lebih cepat dan kapasitas pemotongan yang besar. Namun pemotongan ini masih banyak menggunakan tenaga manusia dalam pengendalian utamanya. Akibatnya bentuk pemotongan kurang seragam dan banyak yang hancur. Dalam hal ini pemotong lebih berfungsi sebagai perajang.

Permasalahan diatas memberi ide untuk merancang dan membuat alat pemotong ubi kayu dengan menggunakan mikrokontroler sebagai otomatisasi dan otak (*processor*) dari suatu alat. Dengan adanya alat ini diharapkan akan banyak membantu pemotongan bahan keripik secara efektif dan efisien. Dengan adanya mikrokontroler, maka suatu alat pemotong dapat bekerja dengan sendirinya dan melakukan pemotongan secara terus-menerus dengan hasil yang seragam dan dengan ukuran pemotongan yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Tujuan dari penelitian ini adalah: Membuat mekanik dan elektronik alat pemotong ubi kayu dengan mikrokontroler. Membuat kontrol otomatis alat pemotong ubi kayu dan memberikan sensor-sensor yang dipergunakan pada alat. Menguji kinerja alat pemotong ubi kayu dengan mikrokontroler.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah IC AT89S52, minimum sistem AT89S52, sensor cahaya, sensor *optocoupler*, motor AC, motor DC, pisau pemotong, LCD, komputer, *downloader*, *keypad*, *adaptor*, *stopwatch*, timbangan, *pulley* dan *belt*, jangka sorong, dan *driver* motor. Bahan yang digunakan adalah Ubi Kayu, Besi, *Alumunium*.

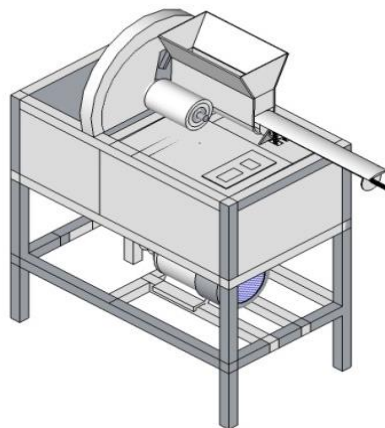
Metode Penelitian

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 rancangan fungsional digunakan untuk dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya meliputi : motor AC, motor DC, kerangka alat, dan pisau pemotong.

B. Rancangan Struktural



Gambar 1. Desain Alat Pemotong Ubi Kayu

Perancangan elektronis meliputi mikrokontroler AT89S52, *Keypad*, LCD, sensor bahan dan sensor pembalik, dan *driver* motor. Prinsip kerja alat ini adalah melakukan pemotongan bahan dengan mengatur kecepatan motor DC yang berfungsi mendorong bahan sesuai dengan ketebalan yang diinginkan. Alat Pemotong ubi kayu ini bekerja dengan pusat kontrol pada mikrokontroler AT89S52. Pertama-tama alat dihidupkan sehingga elektroniknya menyala. Selanjutnya diatur ketebalan potongan yang diinginkan pada tombol keypad dan tertera pada LCD. Lalu bahan/ubi kayu diletakkan pada hopper secukupnya dan ubi kayu akan jatuh pada tempat yang akan didorong. Hidupkan alat dan secara otomatis alat dikendalikan oleh mikrokontroler. Mikrokontroler akan menggerakkan pendorong ubi kayu dan motor AC akan menggerakkan pulley dengan kecepatan konstan. Ubi kayu akan didorong dan ubi kayu akan terpotong tipis pada pisau pemotong sesuai dengan ketebalan yang diinginkan. Potongan akan jatuh secara otomatis ke bak penampung. Setelah habis pendorong akan menyentuh sensor pembalik arah sehingga pendorong akan kembali ketempat semula, ubi kayu di atasnya akan jatuh pada tempat dorong, ubi akan didorong dan dipotong sampai bahan habis. Saat ubi tidak ada lagi di atas tempat dorong maka sensor bahan akan menyala dan alat akan otomatis mereset dan mati. Parameter Pengujian dari penelitian ini yaitu:

1. Ketebalan Bahan. Ketebalan bahan adalah salah satu parameter alat yang akan diuji. Pengujian alat dilakukan dengan menguji ketebalan bahan irisan pada ubi kayu pada ketebalan 1×10^{-3} m sampai dengan 3×10^{-3} m dengan kelipatan 1×10^{-3} m yang kemudian ditampilkan pada LCD.
2. Kapasitas Kerja. Kapasitas kerja alat disini menggunakan satuan kilogram per jam. Kapasitas kerja alat dilakukan dengan menimbang bahan 2 kg dan mengukur waktu yang diperlukan untuk memotong 2 kilogram bahan dengan *stopwatch*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Alat Pemotong

Alat pemotong yang dirancang dan dikonstruksikan dalam penelitian ini mempunyai beberapa bagian utama yang mendukung operasional kerjanya, antara lain motor penggerak, sistem rangka (*frame*), sistem transmisi, dan pisau pemotong. Alat pemotong ini menggunakan *Phase AC Motor Type JY2A4* buatan China, memiliki daya sebesar 1 HP dengan putaran motor sebesar 1400 RPM. Pada motor AC ini mempunyai kecepatan konstan 1400 RPM. Berdasarkan hasil pengamatan secara visual, motor penggerak mampu berfungsi dengan baik. Tidak ada kendala yang berarti berkaitan dengan kebutuhan sumber tenaga penggerak.

Kerangka merupakan salah satu bagian utama yang berfungsi untuk menopang alat pemotong. Kerangka ini terbuat dari besi dengan ketebalan 33 mm, keunggulan besi dengan ukuran ini mudah diperoleh di toko besi dan bangunan serta cukup kuat untuk dijadikan kerangka. Pemilihan besi dengan ukuran tersebut karena kerangka yang dibuat harus dapat menopang sistem penggerak (motor listrik) dan sistem transmisi (*pulley*), sehingga dipilih ukuran tersebut. Pembuatan kerangka ini tidak mengalami perubahan dan perbaikan bentuk dari perencanaan awal, dan dari segi fungsional hasil pembuatan kerangka ini sesuai dengan pernyataan Daryanto (1987), bahwa fungsi kerangka adalah untuk memberi bentuk dan kekuatan secara keseluruhan sehingga diperoleh konstruksi yang kokoh. Pengamatan yang dilakukan kerangka dapat berfungsi dengan baik pada saat alat bekerja, secara visual dapat diketahui bahwa kerangka mampu menopang bagian-bagian alat pemotong dengan baik dan kokoh.

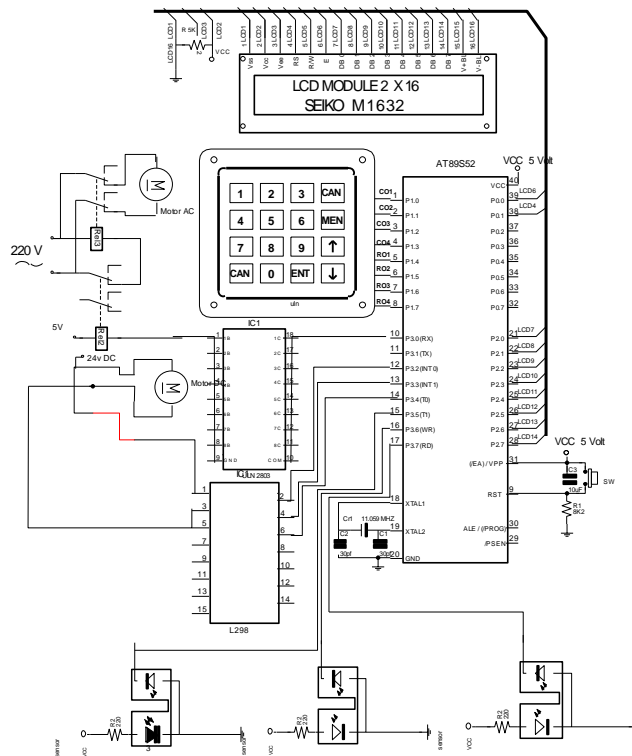
Sistem transmisi yang digunakan pada alat pemotong ini adalah sistem transmisi sabuk dan *pulley*. *Pulley* yang digunakan memiliki diameter 8 cm pada motor AC dan diameter 38 cm pada *pulley* besar berisi pisau pemotong. Pemilihan *pulley* dengan diameter tersebut mengacu pada ketersediaan *pulley* yang ada di pasaran dan sabuk V yang digunakan yaitu sabuk V

dengan seri A65. Hasil pengamatan dapat diketahui bahwa sistem transmisi dapat bekerja dengan baik tanpa ada kendala.

Pisau pemotong berfungsi untuk memotong ubi kayu menjadi bentuk *chip* keripik yang disesuaikan ketebalannya. Pisau pemotong ini terbuat dari bahan baja yang diasah sehingga salah satu sisinya tajam. Penyangga dari pisau pemotong ini menggunakan penyangga besi dengan baut sebagai penguatnya. Kendala yang dihadapi pada saat pembuatan pisau ini adalah penentuan posisi pisau, proses pengasahan pisau yang membutuhkan waktu yang lama serta pengaturan jarak jangkauan dari pisau/kedalaman potong.

Perancangan Sistem Kontrol

Pembacaan masukan pada sistem kontrol ini menggunakan saklar yang ditekan sebagai tanda untuk memulai kerja alat. *Keypad* menjadi sarana untuk memberi perintah ketebalan potong yang diberikan yang diperlihatkan pada LCD. Kemudian oleh mikrokontroler diproses lewat kecepatan motor DC. Alat ini dipasang sensor cahaya yaitu sebuah *photodiode* dan sebuah LED merah sebagai sumber cahaya. Prinsip kerja dari sensor cahaya tersebut adalah mendeteksi gelombang cahaya yang datang dan mengubahnya menjadi isyarat listrik yang berisi isyarat informasi yang dikirim. Arus listrik tersebut kemudian diperkuat untuk selanjutnya diolah sehingga diperoleh kembali isyarat informasi yang dikirimkan. *Photodiode* akan mengalirkan arus yang tergantung dari cahaya yang mengenai komponen itu. Berdasarkan masukan arus dari sensor cahaya selanjutnya mikrokontroler akan memberikan perintah apakah alat pemotong akan hidup atau mati. *Optocoupler* dipasang untuk mengubah posisi proses dorong dan kembali saat terdapat bahan yang akan dipotong. *Delay* waktu pengendali posisi dirancang dan disesuaikan dengan masukan dari sistem lain sehingga sistem keseluruhan bisa berjalan sempurna. Prakteknya sistem kontrol alat pemotong akan disesuaikan dengan sistem pengendalian dari sebuah motor DC yang telah diprogram sebelumnya pada mikrokontroler sehingga alat bekerja secara otomatis.



Gambar 2. 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 keseluruhan sistem yakni pengujian mekanik dengan elektronik dapat berjalan dengan baik. Sensor bahan berupa sensor *photodiode* dapat mendeteksi bahan dengan baik. Demikian pula sensor yang dipakai sebagai pendorong dan pembalik yakni *optocoupler* dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. *Keypad* dan LCD dapat beroperasi sesuai dengan perintah yang diberikan pada program. Mikrokontroler AT89S52 sebagai otak mampu menerima dan memberikan perintah kepada semua komponen yang dipakai untuk menggerakkan mekanik alat. *Driver* motor DC L298 yang dipakai mampu menjalankan motor dengan baik.

Pemberian program, program yang digunakan menggunakan bahasa *assembler* dengan *software* program yang mendukungnya yakni *mide51*. *Keypad* memberi masukan data kepada mikrokontroler AT89S52 untuk memberi perintah kepada LCD, *driver* motor DC L298, ULN 2803, sensor bahan, dan sensor pendorong untuk mengerjakan perintah sesuai dengan program yang dijalankan.

Kualitas Hasil Pemotongan

Pengujian ini ketebalan telah ditentukan yaitu 1×10^{-3} m ; 2×10^{-3} m; 3×10^{-3} m. Pembagian hasil pemotongan menjadi beberapa *grade* ini bertujuan untuk mengelompokkan hasil irisan yang sempurna dan tidak sempurna serta mengetahui berapa persentase keberhasilan dari proses pemotongan.

Nilai pada berbagai *grade* tersebut dihitung berdasarkan berat pada masing-masing *grade* setelah dilakukan pemisahan. Hasil pengamatan pada 2 tahapan ini yakni membandingkan ketebalan hasil dari proses pemotongan antara kedalaman potong 3×10^{-3} m menggunakan kecepatan dorongan dan ketebalan hasil potongan dengan penyesuaian kedalaman potong pada 1×10^{-3} m, 2×10^{-3} m, dan 3×10^{-3} m pada kecepatan dorong yang disesuaikan. Kendala yang dihadapi adalah getaran yang timbul pada motor AC yang keras memberikan getaran yang mengganggu proses pemotongan.

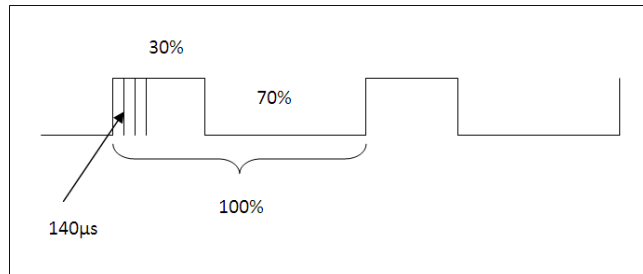
Kualitas Alat Pemotong

Pengujian alat pemotong ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana keberhasilan dari perancangan dan pengontrolan alat pemotong dengan mikrokontroler AT89S52. Adapun parameter yang diamati pada proses pengujian ini yaitu ketebalan bahan potongan dengan kualitas potongan yang dibagi menjadi beberapa *grade* (A, B, C dan sisa) dan kapasitas kerja alat pemotong. Pengujian dengan berat awal ubi kayu 2 kg dengan ketebalan potongan yakni 1×10^{-3} m ; 2×10^{-3} m; 3×10^{-3} m.

1. Ketebalan Bahan

Pengujian ketebalan bahan dilakukan dengan cara membandingkan ketebalan bahan yang diperintahkan pada kontrol antara berat hasil potongan akhir bahan setelah dilakukan proses pemotongan dengan berat bahan awal yang kemudian didapatkan persentase hasil pemotongan pada tiap *grade*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas potongan pada proses pemotongan dengan berat 2 kg pada masing-masing pemotongan dengan perulangan sebanyak 3 kali setiap ukuran potongan. Penggunaan *pulsa* pada program dilakukan dengan cara pemberian PWM (*Pulse Width Modulation*). *Pulsa* yang diberikan pada motor DC dimaksudkan untuk mengontrol kecepatan dari motor DC. Pada *pulsa* 30%, didapatkan dengan PWM yang mana memberikan waktu hidup sebesar 30 % dan waktu mati sebesar 70% dari lebar *pulsa* sebesar 100%. Penggunaan *pulsa* pada kecepatan motor DC ditunjukkan pada Gambar 3. *Pulsa* 30% didapat dari penggunaan waktu pada program yang dihasilkan dari penggunaan PWM. *Pulsa* yang dipakai ada 2 *pulsa* yakni hidup (*high*) dan mati (*low*). Waktu yang dipakai pada program adalah sebesar 140 μ s. sehingga frekuensi yang dipakai adalah sebagai berikut:

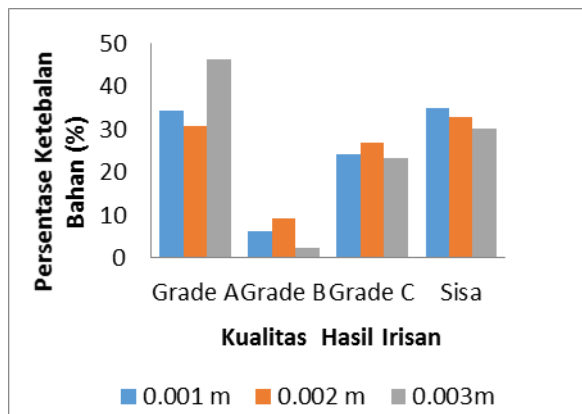
T (periode) = t pada program x lebar *pulsa*
 T (periode) = $140 \mu s \times 100$
 T (periode) = $0.014 s$
 f (frekuensi) = $1/T$
 f (frekuensi) = $1/0.014s$
 f (frekuensi) = $71.42 Hz$



Gambar 3. Penggunaan *Pulsa* pada Kecepatan Motor DC

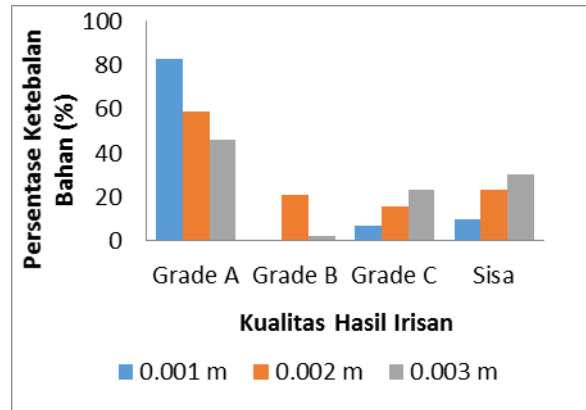
Pulsa high yang diberikan untuk mengendalikan kecepatan motor DC dengan satuan persen dimana lebar 1 *pulsa* (1 gelombang) sebesar 0.014 detik atau dengan frekuensi 71.42 Hz. *Pulsa* ini akan memberikan kecepatan dorong pada pendorong bahan untuk mendorong bahan. Pada *pulsa* sebesar 30% akan mendorong bahan dengan kecepatan dorong $2.17 \times 10^{-2} m/s$. Pemberian *pulsa* 40% akan mendorong bahan dengan kecepatan dorong $3.108 \times 10^{-2} m/s$. Demikian pula pada *pulsa* 50% akan mendorong bahan dengan kecepatan dorong $4.6 \times 10^{-2} m/s$. Semakin besar nilai *pulsa* maka kecepatan dorong yang dihasilkan juga semakin besar.

Pulsa yang diprogram akan dihasilkan kecepatan dorong. Kecepatan dorong yang digunakan pada ketebalan bahan $1 \times 10^{-3} m$ menggunakan *pulsa* sebesar 30%, ketebalan $2 \times 10^{-3} m$ menggunakan *pulsa* 40%, dan ketebalan $3 \times 10^{-3} m$ menggunakan *pulsa* 50% pada program. Penggunaan *pulsa* ini menyesuaikan pada trial error yang telah dilakukan sebelumnya. Penggunaan driver motor DC L298 juga ikut mempengaruhi penggunaan *pulsa* ini sebagai kecepatan dari motor DC yang dipakai untuk mendorong bahan.



Gambar 4. Persentase Hasil Pemotongan dengan Penyesuaian Kecepatan Dorong dan Kedalaman Potong $3 \times 10^{-3} m$

Pengujian ini menghasilkan persentase data *grade A* terbesar pada ketebalan bahan $3 \times 10^{-3} m$ sebesar 46.3% dan persentase *grade A* terkecil pada ketebalan bahan 2 mm sebesar 30.8%. Pada pengujian ini menggunakan kecepatan dorong sesuai dengan penentuan ketebalan bahannya. Gambar persentase hasil pemotongan dengan penyesuaian dengan kecepatan dorong dan kedalaman potong $3 \times 10^{-3} m$ ditunjukkan pada Gambar 4.

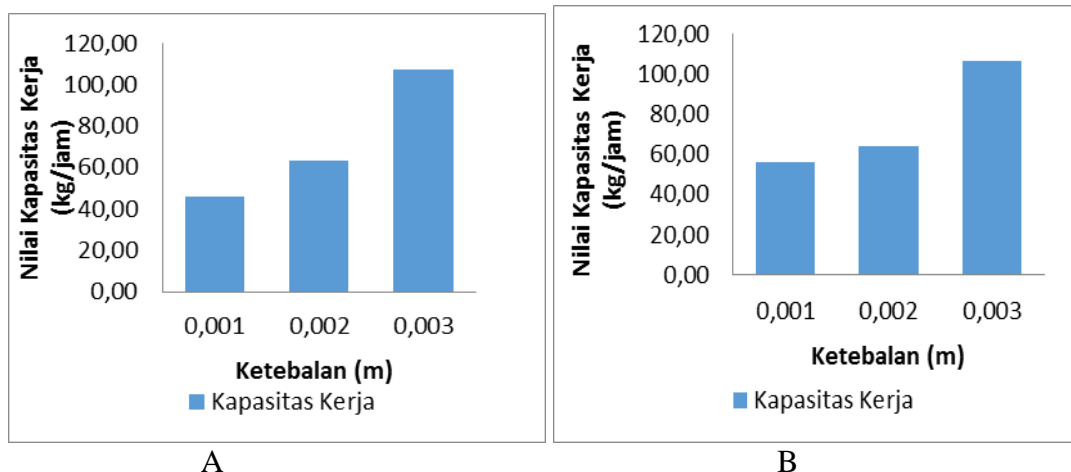


Gambar 5. Persentase Hasil Pemotongan dengan Penyesuaian Kecepatan Dorong dan Penyesuaian Kedalaman potong

Pengujian ketebalan bahan dengan penyesuaian kedalaman potong menghasilkan data persentase ketebalan bahan. Pengujian ini menghasilkan persentase data *grade* A terbesar pada ketebalan bahan 1×10^{-3} m sebesar 82.95% dan persentase *grade* A terkecil pada ketebalan bahan 3×10^{-3} m sebesar 46.3%. Pengujian ini menggunakan kecepatan dorong yang disesuaikan terlebih dahulu dengan kedalaman potong untuk setiap ketebalan bahan yang ditentukan. Pisau pemotong terlebih dahulu di *setting* sesuai dengan ketebalan bahan yang ditentukan dan kecepatan dorong menyesuaikan dengan pengesetan pisau yang dilakukan. Apabila pisau menggunakan pengesetan 1×10^{-3} m kecepatan dorong yang diberikan juga kecepatan dorong pada 1×10^{-3} m. Gambar persentase hasil pemotongan dengan penyesuaian dengan kecepatan dorong dan penyesuaian kedalaman potong ditunjukkan pada Gambar 5.

Kapasitas Kerja

Kapasitas kerja merupakan kemampuan alat untuk bekerja selama waktu tertentu. Pada pengujian kapasitas kerja ini parameter yang diamati adalah berat bahan dan waktu pemotongan. Berat bahan berupa ubi kayu sama untuk setiap perlakuan yaitu sebesar 2 Kg. Proses pengujian hasil pemotongan dibagi menjadi beberapa kategori (*grade*) yaitu *grade* A, B, C dan sisa. Pada pengujian kapasitas kerja ini yang menentukan hanya berat ubi kayu dan waktu pemotongan.



Gambar 6. A. Kapasitas Kerja pada Hasil Pemotongan dengan Penyesuaian Kecepatan Dorong dan Kedalaman potong 3×10^{-3} m. B. Kapasitas Kerja pada Hasil Pemotongan dengan Penyesuaian Kecepatan Dorong dan Penyesuaian Kedalaman potong

Dari pengujian dihasilkan data kapasitas kerja pada hasil pemotongan dengan penyesuaian kecepatan dorong dan kedalaman potong 3×10^{-3} m dengan nilai kapasitas kerja terbesar pada ketebalan potongan 3×10^{-3} m sebesar 106.93 kg/jam dan nilai kapasitas kerja terkecil pada ketebalan potongan 1×10^{-3} m sebesar 45.76 kg/jam. Gambar kapasitas kerja pada hasil pemotongan dengan penyesuaian Kecepatan dorong dan kedalaman potong 3×10^{-3} m ditunjukkan pada Gambar 6.A. Sedangkan pada pengujian kapasitas kerja pada hasil pemotongan dengan penyesuaian kecepatan dorong dan penyesuaian kedalaman potong dihasilkan nilai kapasitas kerja terbesar pada ketebalan potongan 3×10^{-3} m sebesar 105.93 kg/jam dan nilai kapasitas kerja terkecil pada ketebalan potongan 1×10^{-3} m sebesar 56.40 kg/jam. Gambar kapasitas kerja pada hasil pemotongan dengan penyesuaian Kecepatan dorong dan penyesuaian kedalaman potong ditunjukkan pada Gambar 6.B. Data Gambar 6.A dan Gambar 6.B diketahui kapasitas kerja paling kecil yakni pada ketebalan potongan 1×10^{-3} m.

Alat pemotong otomatis ini memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan. Kelebihan alat pemotong otomatis ini antara lain:

1. Bekerja secara otomatis dibawah kendali sistem kontrol mikrokontroler AT89S52.
2. Dapat memotong dengan berbagai ketebalan bahan dengan ketebalan bahan mulai 1×10^{-3} m sampai 3×10^{-3} m.
3. Memiliki pisau pemotong yang dapat diatur kedalaman potongnya.

Sedangkan kelemahan alat pemotong otomatis ini antara lain:

1. Getaran yang timbul akibat motor AC membuat potongan bahan tidak sempurna.
2. Pada bagian *hopper*, masih terjadi banyak selip atau bahan yang langsung menuju pisau pemotong tanpa didorong oleh pendorong sehingga membuat pemotongan tidak sempurna.
3. Kapasitas kerja yang masih kecil bila dibandingkan dengan alat atau mesin perajang.



Gambar 7. Alat Pemotong Otomatis

KESIMPULAN

Alat pemotong ubi kayu dengan kontrol mikrokontroler AT89S52 telah dibuat dengan dua bagian utama berupa mekanik alat dan elektronik alat. Mekanik alat terdiri atas motor penggerak, kerangka (*frame*), sistem transmisi, dan pisau pemotong. Elektronik alat terdiri atas sistem kontrol AT89S52, *driver* motor, dan rangkaian adaptor. Alat Pemotong ubi kayu ini dapat berjalan sesuai dengan kontrol yang diberikan yakni mikrokontroler AT89S52 sebagai *processor* pengendali dan sensor-sensor berupa sensor cahaya dan sensor *optocoupler* yang diberikan berjalan dengan baik. Pengujian diperoleh nilai persentase hasil pemotongan dan kapasitas kerja. Nilai persentase hasil pemotongan terdiri dari *grade A*, *grade B*, *grade C* dan sisa. Nilai persentase pengujian *grade A* dengan ketebalan 1×10^{-3} m, 2×10^{-3} m, dan 3×10^{-3} m

dan penyesuaian kedalaman potong secara berurutan 82.95%, 58.9%, dan 46.3%. Nilai persentase pengujian *grade* B dengan ketebalan 1×10^{-3} m, 2×10^{-3} m, dan 3×10^{-3} m dan penyesuaian kedalaman potong secara berurutan 0%, 20.8%, dan 2.3%. Nilai persentase pengujian *grade* C dengan ketebalan 1×10^{-3} m, 2×10^{-3} m, dan 3×10^{-3} m dan penyesuaian kedalaman potong secara berurutan 7.15%, 15.7%, dan 23.3%. Pengujian kapasitas kerja pada ketebalan 1×10^{-3} m, 2×10^{-3} m, dan 3×10^{-3} m dengan kedalaman potong 3×10^{-3} m diperoleh masing masing sebesar 45.76 kg/jam, 63.53 kg/jam dan 106.93 kg/jam. Pengujian kapasitas kerja pada ketebalan 1×10^{-3} m, 2×10^{-3} m, dan 3×10^{-3} m dengan penyesuaian kedalaman potong diperoleh masing masing sebesar 56.40 kg/jam, 64.29 kg/jam dan 106.93 kg/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduruohman Maman, 2007. *Buku Ajar Bahasa Pemrograman Tingkat Rendah (BPTR)*. Sekolah Tinggi Teknologi Telkom. Bandung.
- Alqaffi, Sholeh, 2008. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Curah Hujan Menggunakan Mikrokontroler AT89S52 Melalui Layanan SMS*. FMIPA-Universitas Diponegoro. Semarang.
- Atmel, 2001. *AT89S52*. ATMEL CORPORATION. SAN JOSE
- Best, R. 2005. Cassava Processing for Animal Feed. In : Weeber E.J., Cock J.H. and Chouinard A. (eds). *Cassava Harvesting and Processing : Proceeding of a Workshop Held at CIAT*. Colombia 24-28 April 2005, IDRC, International Development Research Centre. Ottawa, pp. 12-20.
- Brennan, J G dkk. 1976. *Food Engineering Operations*. Aplied Science Publisher Limited. London
- Budiharto Widodo, 2009. *Membuat Sendiri Robot Cerdas*. Penerbit PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- D3 TKJ. 2010. *Modul 8 Bahasa Assembly*. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Dimiyati, Ahmad dan Ibrahim Manwan. 1992. *Casava and Sweet Potato*. Central Research Institute for Food Crops : Bogor.
- Earle, R L. 1969. *Satuan Operasi dalam Pengolahan Pangan*. Penerjemah: Ir Zein Nasution. PT. Sastra Hudaya. Bogor.
- Fellows, P. 1988. *Food Processing Technology Principles and Practice*. Ellis Horwood Limited. England.