

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Singkong

Singkong yang biasa disebut ubi kayu atau *cassava* (*Manihot esculenta* Cranz) merupakan tanaman umbi yang berasal dari daerah Amerika Selatan, kemudian dibawa ke Indonesia dan dibudidayakan sejak masa penjajahan Belanda.

Singkong merupakan umbi atau akar pohon yang berbentuk panjang, memiliki diameter fisik rata-rata 2 - 3 cm dan panjang 50 - 80 cm, tergantung dari jenis singkong yang ditanam. Karakteristik morfologi tanaman singkong yang dibudidayakan dapat mencapai ketinggian 2,4 m, akar umbinya tumbuh di bawah permukaan tanah pada kedalaman 50 - 100 cm dengan panjang 30 - 120 cm dan diameter 4 - 15 cm dan berat 1 - 8 kg atau lebih. Produktivitas lahan untuk budidaya singkong khususnya di Lampung berkisar antara 11 – 18 ton/ha.

Daging umbi singkong adalah berwarna putih atau kekuning-kuningan. Umbi singkong tidak tahan simpan meskipun ditempatkan di lemari pendingin. Gejala kerusakan pada umbi ditandai dengan keluarnya warna biru gelap akibat terbentuknya asam sianida (HCN) yang bersifat racun bagi manusia. Maka untuk konsumsi harus dipilih singkong yang memiliki kadar HCN terendah agar aman bagi kesehatan (Heriawan, 2009).

Klasifikasi tanaman singkong adalah sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae atau tumbuh-tumbuhan
- Divisi : Spermatophyta atau tumbuhan berbiji
- Sub Divisi : Angiospermae atau berbiji tertutup
- Kelas : Dicotyledoneae atau biji berkeping dua
- Ordo : Euphorbiales
- Famili : Euphorbiaceae
- Genus : Manihot
- Spesies : *Manihot utilissima* Pohl.; *Manihot esculenta* Crantz sin sia.

Singkong yang juga dikenal sebagai ketela pohon merupakan pohon tahunan tropika dan subtropika dari keluarga Euphorbiaceae. Umbinya dikenal sebagai makanan pokok penghasil karbohidrat dan daunnya sebagai sayuran. Umbi singkong memiliki kandungan karbohidrat yang sangat tinggi, lebih tinggi dibandingkan beras, jagung dan sagu. Sehingga singkong (dan produk turunannya) memiliki potensi yang baik sebagai salah satu bahan makanan pokok. Oleh karena itu, peran singkong dalam sistem pangan global menjadi semakin penting.

Keunggulan singkong adalah sebagai sumber kalori utama berdasarkan aspek nutrisi dibandingkan dengan beras adalah lemak, kalsium, zat besi dan vitamin C. Meskipun umbi singkong merupakan sumber energi yang kaya karbohidrat namun sangat miskin protein. Sumber protein yang bagus justru terdapat pada daun singkong karena mengandung asam amino metionin.

Selain itu singkong banyak mengandung glukosa dan dapat dimakan mentah. Rasanya sedikit manis, ada pula yang pahit tergantung pada kandungan racun glukosida yang dapat membentuk asam sianida. Umbi yang rasanya manis menghasilkan paling sedikit 20 mg HCN per kilogram umbi akar yang masih segar, dan 50 kali lebih banyak pada umbi yang rasanya pahit. Pada jenis singkong yang manis, proses pemasakan sangat diperlukan agar kadar racunnya menurun (Rukmana, 1997).

Singkong yang dalam keadaan segar tidak bisa tahan lama. Maka untuk pemasaran yang memerlukan waktu lama, singkong harus diolah dulu menjadi bentuk lain yang lebih awet, seperti gaplek, tapioka (tepung singkong), tapai, peuyeum, keripik singkong dan lain-lain.

Dari umbi ini dapat pula dibuat tepung tapioka. Tepung singkong dapat digunakan untuk mengganti tepung gandum, baik untuk pengidap alergi. Tepung singkong diperoleh dengan cara menggiling umbi singkong yang telah dikeringkan (gaplek) dan kemudian diayak hingga diperoleh butiran-butiran kasar dalam ukuran tertentu (Anonim, 2009).

Ada dua jenis ubi kayu yang biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan tepung tapioka yaitu: ubi kayu manis (tidak beracun) dan ubi kayu pahit (beracun) seperti varietas Aldira, Basira, M-30, M-31 dan Faroka. Ubi kayu yang baik untuk bahan baku tapioka yaitu ubi kayu yang dipanen pada usia 8 - 10 bulan karena pada umur tersebut kandungan pati ubi kayu maksimal 20 - 25% sehingga baik untuk dikonsumsi (LIPI, 2003).

Kandungan gizi ubi kayu dan tepung ubi kayu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan gizi ubi kayu dan tepung ubi kayu per 100 gram bahan

Kandungan gizi	Ubi kayu	Tepung ubi kayu
Energi (kal)	157,00	363,00
Protein (g)	0,80	1,10
Lemak (g)	0,30	0,50
Karbohidrat (g)	34,90	88,20
Ca (mg)	33,00	84,00
P (mg)	40,00	125,00
Fe (mg)	0,70	1,00
Vit A (RE)	48,00	-
Vit C (mg)	30,00	-
Vit B (mg)	0,06	0,04
Air (g)	60,00	9,10
BDD (%)	75,00	100,00

Sumber: Direktorat Gizi Depkes RI, 1981

B. Proses Pembuatan Tepung Singkong

Tepung singkong atau tepung kasava merupakan bentuk olahan setengah jadi (*intermediate product*) yang dapat memperpanjang daya simpan, menghemat ruang simpan, meningkatkan nilai guna, mudah diolah dan diformulasi menjadi tepung komposit (Widowati dan Damardjati, 1993).

Pembuatan tepung kasava (tepung singkong) dapat dilakukan oleh kelompok petani sebagai pemasok bahan baku industri pengolahan pangan. Untuk memperoleh kualitas tepung kasava sebaiknya singkong segar dengan mengutamakan jenis singkong konsumsi yang tidak lebih tiga hari dari saat dipanen.

Pembuatan tepung kasava dapat dilakukan dengan dua cara:

Cara pertama, yaitu setelah singkong dikupas, dibersihkan untuk membersihkan

tanah dan kotoran yang menempel selanjutnya direndam dalam air selama 10 - 12 jam, dikeringkan bisa menggunakan solar cell, oven, atau mesin pengering hingga mencapai batas kadar air minimum yang telah ditentukan selama 3 - 4 jam atau menggunakan sinar matahari selama 18 jam setelah sawut kering pada kadar air 10%. Sawut kering yang dihasilkan kemudian digiling dan disaring sehingga menghasilkan tepung kasava dengan mesh atau tingkat kehalusan yang diinginkan.

Cara kedua, pembuatannya menyerupai cara pertama, namun dengan penambahan lewat proses pemerasan untuk menghilangkan air dan penyaringan hingga didapatkan pati. Proses sama seperti cara pertama dimulai dari pencucian hingga perajangan singkong untuk menghasilkan sawut basah. Setelah dihasilkan sawut basah, sawut tersebut diperas dan disaring untuk memisahkan air dari ampasnya.

Air perasan sawut (cairan hasil pemerasan) dibiarkan terlebih dahulu mengendap untuk memisahkan pati dengan airnya. Apabila bagian pati ubi kayu tersebut dikeringkan dan berhenti sampai di sini maka dihasilkan tepung tapioka.

Sedangkan, ampasnya yang disebut onggok biasanya dijadikan pakan ternak.

Berbeda jika ampas yang terkumpul disimpan karena merupakan bagian yang diinginkan, dengan tujuan mengurangi kadar air. Dalam proses pati yang mengendap ditahan untuk kemudian dicampur kembali dengan ampas singkong yang telah terurai terlebih dahulu tersebut, kemudian mengalami proses pengeringan seperti pada cara pertama, yaitu dengan bantuan sinar matahari, oven, atau mesin pengering.

Setelah mencapai batas kadar air maksimum, kemudian digiling dan disaring, hingga dihasilkan tepung kasava. Tepung kasava cara 1 dan cara 2 cara pembuatan tepung kasava tersebut pada dasarnya sama yaitu membuat tepung kasava non fermentasi (Rukmana, 1997).

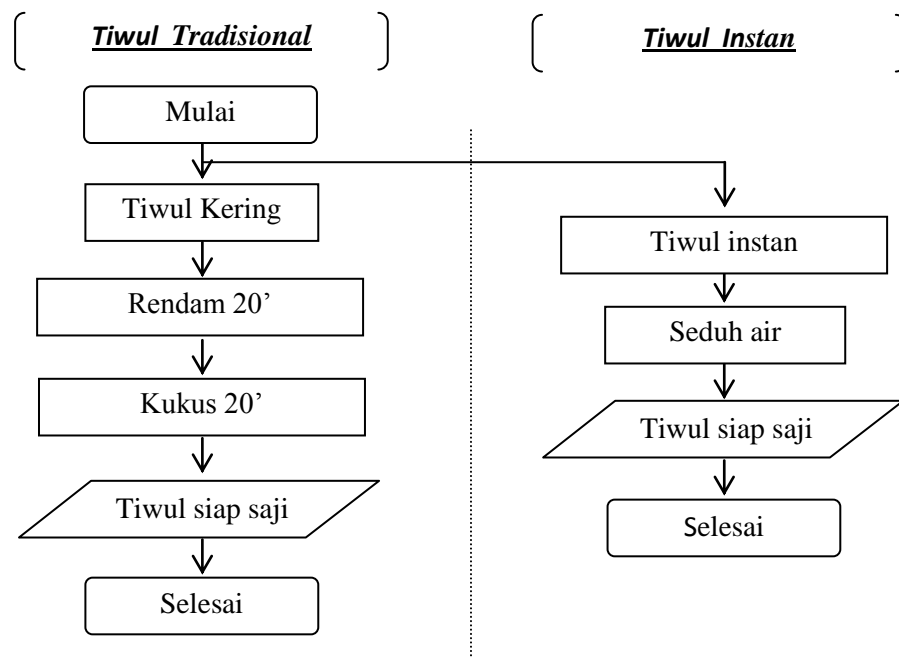
C. Tiwul

Tiwul merupakan produk olahan singkong yang sudah sangat dikenal masyarakat. Pemanfaatan tiwul sebagai pangan pokok pengganti beras telah dikenal luas terlebih di masa paceklik. Tiwul juga merupakan sumber serat pangan yang sangat baik dalam diet makanan berserat sehingga sangat potensial untuk dikembangkan. Tiwul adalah hasil olahan dari tepung singkong melalui proses tradisional, yaitu tahap pertama adalah singkong segar dikupas dan dijemur sampai kering hingga menjadi gaplek. Gaplek yang akan diolah menjadi tiwul harus ditepungkan yaitu dengan cara ditumbuk. Di pasar internasional, gaplek atau tepungnya dikenal dengan nama *casava*. Hal ini untuk membedakan dengan pati singkong (aci = tepung kanji) yang disebut sebagai tapioka. Tahap berikutnya tepung singkong ditaruh dalam tampah, ditambahkan air hingga basah dan kemudian tampah digoyang melingkar berulang kali (diinteri) hingga tepung mengumpul di bagian tengah dan membentuk butiran-butiran yang seragam dengan ukuran sebesar biji kacang hijau. Setelah itu butiran tiwul dikukus selama 20 - 30 menit.

Untuk menumbuhkembangkan agroindustri pedesaan tersebut, salah satu cara yang penting adalah memberi perhatian pada proses produksinya. Pengamatan terhadap proses produksi dapat mencakup beberapa tahap dalam produksi atau

proses produksi, produktivitas, biaya produksi, beban tenaga kerja pria/wanita, mutu hasil olahan, serta tingkat penerimaan konsumen (Yuniarti dkk., 2003).

Dari hasil survei lapang (2005) diperoleh fakta bahwa kualitas warna dan rasa tiwul sangat dipengaruhi oleh kualitas gaplek sebagai bahan baku dalam pembuatan tiwul. Sedangkan kualitas gaplek sangat ditentukan oleh keberhasilan dalam penjemuran singkong kupas agar tidak sampai tumbuh jamur selama pengeringan. Penggunaan lantai jemur yang kurang memadai juga sangat mempengaruhi kualitas gaplek. Sehingga proses produksi tiwul semestinya sudah harus diawasi sejak pemilihan bahan baku ini.



Gambar 1. Perbandingan proses penyiapan nasi tiwul dari tiwul kering tradisional dan tiwul instan

Terdapat beberapa tahap proses yang berbeda antara produksi tiwul secara tradisional dengan tiwul instan hasil fabrikasi. Pengolahan tiwul tradisional lebih

panjang, karena biasanya dibuat dari tepung gapek. Sedangkan pada tiwul instan dibuat dari singkong segar yang kemudian dimasak untuk dibuat tiwul instan.

Keunggulan tiwul instan adalah dalam cara penyajiannya yang relatif mudah dan tidak memerlukan waktu lama (3 menit). Sedangkan penyiapan nasi tiwul dari tiwul kering tradisional, memerlukan waktu setidaknya 40 menit (20 menit perendaman dan 20 menit pengukusan). Gambar 1 di atas menyajikan diagram alir cara penyiapan nasi tiwul antara dari tiwul kering tradisional dan tiwul instan.

Pada bahan berpati dapat dilakukan pengolahan lebih lanjut dengan proses pengeringan atau dibuat produk instan (Winarno, 2002). Ganyong mengandung 10 - 20% pati berkualitas, sehingga ganyong dapat diolah menjadi produk instan. Pati yang telah tergelatinisasi dapat dikeringkan kembali. Pati kering ini justru mempunyai kemampuan untuk menyerap air kembali (rehidrasi). Berdasarkan prinsip ini maka tiwul dapat diolah menjadi produk bersifat instan yang lebih awet dan mudah dalam penyiapan atau penyajiannya.

D. Proses Pembuatan Tiwul Instan

Proses pembuatan tiwul instan meliputi beberapa tahap, yaitu perendaman, penggilingan, penambahan rasa atau warna, pembentukan butiran, penjemuran, pengukusan, pendinginan dan pengemasan.

1. Perendaman

Gapek direndam dalam bak. Setelah sehari semalam, air rendaman diganti sambil gapek dicuci dan direndam lagi. Setelah perendaman cukup, gapek

dicuci bersih dan ditiriskan. Perendaman dapat memakan waktu kurang lebih 2 hari 2 malam tergantung pada tingkat kekeringan gaplek.

2. Penggilingan

Penggilingan biasanya dilakukan pada pagi hari, agar dapat dilakukan pengukusan dan penangan tiwul yang telah dijemur sekaligus.

3. Penambahan Rasa

Tepung gaplek yang telah digiling lembut, kemudian ditambahi pewarna atau gula merah sesuai dengan kebutuhan, yaitu dengan perbandingan tepung gaplek : gula merah = 4 : 1, dicampur dan dibuat adonan sampai benar-benar homogen yang ditandai dengan warna yang merata.

4. Pembuatan Butiran

Adonan yang telah ditambahkan air kemudian diinteri menggunakan tampah atau mesin pembuat butiran tiwul instan, tujuannya untuk membuat butiran-butiran dari adonan tersebut. Setelah itu diayak menggunakan “irig” yang berlubang 0,2 cm sampai 0,5 cm. Butiran yang besar dikecilkan lagi dengan memecah dan diinteri lagi.

5. Penjemuran

Butiran yang sudah jadi kemudian dijemur sampai beberapa menit sampai setengah kering. Pada proses ini mungkin masih dapat dilakukan pemisahan butiran besar dan kecil serta pemecahan dan interi.

6. Pengukusan

Butiran setengah kering tersebut kemudian ditempatkan pada kukusan bambu di atas dandang. Pengukusan dilakukan sampai perubahan warna pada butiran, dari warna putih menjadi kuning kecoklatan.

7. Pendinginan

Pendinginan dilakukan dengan meletakkan dan meratakan tiwul pada tempat yang disediakan sampai 12 jam.

8. Penjemuran Setelah Dikukus

Penjemuran dilakukan sampai kering di bawah sinar matahari. Lama pengeringan antara 2 – 3 hari tergantung kondisi sinar matahari. Tiwul yang dikeringkan ini biasanya masih ada yang menjadi butiran besar sehingga diperlukan pemisahan dengan ditampi.

9. Pengemasan

Tiwul selanjutnya dikemas dengan menggunakan karung plastik atau kantong plastik yang agak tebal. Agar tidak terjadi kontak langsung dengan lantai, penyimpanan dilakukan dengan meletakkan karung atau plastik di atas rak bambu atau kayu (Pangarsa, 2003).

E. Butiran

Butiran atau agregat merupakan bahan yang berbentuk bulatan-bulatan kecil, seperti pasir, kacang-kacangan (biji-bijian), tepung dan lain-lain (KBBI, 2000). Butiran ini termasuk penting karena menunjukkan sifat-sifat lain yang kadang hanya dimiliki oleh padatan, cairan atau gas (Anonim, 2009).

F. Mesin Pembuat Butiran Tiwul Instan (Granulator)

Mesin granulasi (Granulator) merupakan mesin pembuat granul (butiran) yang proses granulasi ini dilakukan dengan menggunakan pan granulator, dimana pan tersebut berbentuk piringan menyerupai parabola yang berputar. Ukuran pan piringan bisa bermacam-macam sesuai dengan alat yang dibuat (Anonim, 2009). Berdasarkan hasil proses rancang bangun mesin pembuat butiran tiwul instan yang dilakukan, maka telah terancanglah mesin sebagaimana disajikan pada Gambar 2.



(a) Tampak depan

(b) Tampak belakang

Gambar 2. Mesin pembuat butiran tiwul

Bagian-bagian utama mesin ini terdiri atas rangka, bidang granulator, cincin granulator, pengatur butiran, sistem transmisi dan daya pemutar. Rangka berfungsi menopang komponen mesin yang lainnya, menahan beban tepung dan menahan gaya sentripetal akibat putaran bidang granulator. Bagian kaki rangka dibuat lebih melebar dibandingkan bagian atasnya agar dapat menopang beban lebih besar sehingga mesin tidak terbalik atau roboh ketika beroperasi. Bagian ini

terbuat dari besi siku ukuran 5 mm x 5 mm dan besi siku ukuran 3 mm x 3 mm. Tinggi rangka 1 m, lebar 2 m dan panjangnya 2 m.

Bidang granulator berfungsi memutar adonan tepung untuk membentuk butiran-butiran dari tepung. Putaran bidang granulator dibuat seimbang dengan memasang poros tepat pada pusat diameter lingkaran bidang granulator.

Permukaan bidang granulator dibuat rata yaitu dengan didesain tanpa ada sambungan plat besi. Bidang ini dilengkapi dengan bilah-bilah penopang pada pangkal poros memanjang hampir mencapai bagian tepi diameter lingkaran bidang granulator sehingga dengan kokoh menopang beban tepung yang ada di atasnya. Bidang ini terbuat dari plat besi dengan ketebalan 3 mm, diameter bidang granular besarnya 200 cm. Cincin granulator berfungsi sebagai penghalang agar adonan tepung tidak terlembat keluar ketika bidang granulator berputar, namun ketinggian cincin masih dapat dilampaui oleh butiran-butiran tiwul yang telah jadi. Bagian cincin ini terbuat dari bahan yang sama dengan bidang granulator dengan tinggi 15 cm.

Sementara poros dipasang pada rangka dengan dudukan *pillow block* sehingga dapat memutar bidang granulator. Posisi poros tidak berubah posisinya karena dipasang dengan dua buah dudukan, sebagaimana disajikan pada Gambar 2(b). Dengan posisi yang kokoh ini menghasilkan putaran yang seimbang sehingga mesin dapat berfungsi dengan baik. Selain itu, pengatur besar butiran tiwul yang sekaligus sebagai pengatur pengeluaran butiran tiwul didesain dengan jarak celah antara bidang granulator dengan bidang pengatur besar butiran sebesar 3 mm, tepung berputar pada bidang granulator tanpa terhalang oleh bidang pengatur butiran, namun butiran yang terbentuk yang diameternya lebih besar dari jarak

celah akan tertahan oleh bidang pengatur pengeluaran, karena berputar dan terhalang maka butiran terpental dan keluar dari bidang granulator. Selain komponen utama tersebut, bagian-bagian mesin lain yaitu motor listrik, *gear box* dan sabuk-puli yang dikombinasikan dengan beberapa ukuran.

Mesin pembuat butiran tiwul instan ini bekerja berdasarkan gaya sentripetal dan terbentuknya butiran akibat adanya putaran. Adonan tepung gaplek yang diumpankan pada bidang granulator membentuk butiran-butiran/agregat akibat gerakan berputar. Mekanisme ini terjadi seperti bola salju, makin lama butiran yang terbentuk makin besar. Pada diameter tertentu butiran akan keluar dari bidang granulator akibat terhalang oleh bidang pengatur besar diameter. Butiran-butiran tiwul yang terpental keluar mengelompok pada satu arah sehingga pada arah ini diletakkan penampung hasil pembentukan butiran (Warji, 2008).

G. Saringan Tyler

Untuk menggolongkan bahan dalam berbagai ukuran maka digunakan metode yang paling sederhana dan paling banyak digunakan yaitu pemisahan atau pengayakan dengan saringan *tyler*. Saringan ini diperkenalkan pada tahun 1910, kemudian dipakai oleh Biro Standar Amerika Serikat sebagai patokan untuk mengukur bahan yang dipisahkan untuk diayak (Henderson 1989).

Teknik yang digunakan dalam pemisahan sampel telah dibakukan dan harus diikuti untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Cara dan waktu penggoyangan keduanya penting, karena itu prosedur yang dianjurkan harus diikuti agar memperoleh data yang berarti. Mesin penggoyang atau yang disebut Ro-Tap

mempunyai gerakan goyang tertentu dan dapat disesuaikan dengan waktu penggunaan, kemudian dapat juga dipakai untuk penelaahan yang teliti.

Menurut Henderson dan Perry (1989), patokan ukuran lubang saringan adalah 200 mesh, dan setiap lubang merupakan $\sqrt{2}$ atau 1,414 kali besar lubang dari saringan yang terdahulu. Bentuk lubang bujur sangkar, ukuran lubang adalah dimensi dari satu sisinya. Terdapat juga saringan antara (intermediate) dengan nisbah ukuran lubang $\sqrt{2}$ atau 1,189, dan jika ditambahkan akan membentuk satu set saringan yang lengkap. Berikut adalah ukuran lubang pada saringan *tyler*.

Tabel 2. Saringan *tyler*

Mesh	Diameter Kawat		Ukuran Lubang	
	Inchi	mm	Inchi	mm
...	0,148	3,76	1,050	26,67
...	0,135	3,43	0,742	18,85
...	0,105	2,67	0,525	13,34
...	0,092	2,34	0,371	9,42
3	0,077	1,78	0,263	6,68
4	0,065	1,65	0,185	4,70
6	0,036	0,91	0,131	3,33
8	0,032	0,81	0,093	2,36
10	0,035	0,89	0,065	1,65
14	0,025	0,64	0,046	1,17
20	0,017	0,44	0,032	0,83
28	0,0125	0,32	0,023	0,59
35	0,0122	0,31	0,016	0,42
48	0,0092	0,23	0,011	0,29
65	0,0072	0,18	0,008	0,21
100	0,0042	0,11	0,005	0,15
150	0,0026	0,06	0,041	0,10
200	0,0021	0,005	0,002	0,07

Listrik statis sering menyebabkan butiran melekat pada saringan, sehingga memberikan hasil yang salah. Pengaruhnya adalah menahan bahan yang halus yang biasanya lolos dari saringan dan menyebabkan lubang menjadi lebih kecil dari ukuran yang sebenarnya.

Kesulitan ini dapat dicegah dengan melewati udara terionisasi melalui saringan atau menempatkan partikel pemancar elektron pada saringan. Cara pertama memerlukan sinar ultra-violet atau sinar-X dan umumnya hanya praktis untuk sistem yang kontinyu. Cara kedua berdaya guna untuk penelaahan skala laboratorium dan harus dilakukan tindakan keamanan untuk menjaga keselamatan dari radiasi. Hasil analisa pemisahan berikut ini menunjukkan persentase berat bahan yang tertahan pada saringan, seperti terlihat pada Tabel 3:

Tabel 3. Persentase berat bahan pada saringan

Mesh	Persentase
4	1
8	11
14	32
28	27
48	15
100	11
Panci	3

(Henderson,1989).

G. Pengukuran Kekerasan Ubi Kayu dengan Penetrometer

Penetrometer merupakan alat ukur kekerasan yang biasanya digunakan untuk mengukur kekerasan pada buah-buahan. Alat ukur ini memiliki dimensi 175 x 40 x 35 mm dengan berat 220 gram (Susilawati, 2007).

Adapun cara menggunakan alat ini adalah bahan (ubi kayu) yang telah ditimbang beratnya kemudian dilakukan pengukuran kekerasan ubi menggunakan penetrometer. Jarum skala pada penetrometer dipastikan menunjukkan angka nol. Jarum tersebut dipasang pada kepala penetrometer. Batang penetrometer dipegang dan jarum penetrometer ditusukkan vertikal secara hati-hati di atas permukaan ubi kayu dengan dilakukan penekanan jarum ke dalam ubi kayu selama beberapa detik. Nilai skala dapat dibaca pada alat.

Pengukuran dilakukan pada bagian pangkal, tengah dan ujung ubi kayu masing-masing 5 kali penusukkan. Setelah pengukuran selesai, alat dibersihkan pada bagian kepala dan batang dengan kain lap. Jarum penunjuk skala penetrometer diset kembali ke nol dengan menekan tombol knop untuk pengukuran selanjutnya (Nurdjanah dkk., 2007).

H. Uji Kinerja

Kegiatan analitik berikutnya setelah rancangan program adalah uji kinerja. Prototipe yang dihasilkan di dalam tahap terakhir dari rancangan program kemudian harus diuji coba dan dievaluasi. Hasil dari uji coba kinerja dapat digunakan dalam proses evaluasi kinerja. Langkah evaluasi kinerja produk bertujuan untuk mengevaluasi produk-produk hasil rancangan apakah memenuhi syarat teknis tertentu kinerja produk dalam spesifikasi produk (Harsokusumo, 2000).

Kinerja ini kemudian dibandingkan dengan kinerja yang direncanakan guna pertimbangan dalam pengembangan. Uji kinerja meliputi beberapa aspek, yaitu

aspek teknis (kapasitas kerja, kualitas *output* yang dihasilkan, kebutuhan tenaga, kekuatan dari alat dan waktu kerja dari mesin), aspek ekonomis (analisis biaya) dan aspek ergonomika yaitu aspek yang penting dalam perencanaan suatu alat. Perencanaan aspek ergonomika yang tepat dapat meningkatkan efisiensi tenaga dari operator sehingga produktifitasnya juga meningkat (Harahap, 1990).