

RANCANG BANGUN ALAT PEMBERSIH SERAT PENDEK (KABU-KABU) BIJI KAPAS TIPE KERING PADA PROSESSING BENIH KAPAS (DELINTER)

Design of Cotton Delinter Machine for Cotton Seed Processing

Supriyanto¹, Puji Widodo¹, Moch. Sahid²

ABSTRAK

Dua puluh persen devisa negara dihasilkan dari industri tekstil, tetapi kebutuhan serat kapas dalam negeri dipenuhi dari impor yang mencapai 90% dan terus meningkat setiap tahunnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas kapas dalam negeri seharusnya 1,50-2,80 ton/ha, sedangkan produktivitas di tingkat petani masih 0,48-0,52 ton/ha. Salah satu sebab rendahnya produktivitas adalah penggunaan benih yang kurang bermutu, karena benih yang digunakan masih berserat (berkabu) sehingga menyulitkan dalam proses sortasi. Untuk mendapatkan benih yang berkualitas dan menghilangkan kabu-kabu diperlukan mesin delinter. Selama ini usaha yang telah dilakukan dengan perendaman H_2SO_4 memerlukan waktu dua hari untuk mendapatkan benih yang bersih dari kabu-kabu, penelitian ini mencoba memperpendek waktu pembersihan kabu-kabu. Metode yang digunakan adalah metode rekayasa yang meliputi pra rancangan, rancangan, uji fungsi, uji adaptasi dan uji daya kecambah. Proses untuk menghilangkan kabu-kabu dilakukan dengan menggunakan uap asam nitrit pekat (HNO_3) yang disalurkan melalui pipa boiler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin delinter terdiri dari bagian feeder, penguapan kabu-kabu, saluran pembawa ke bagian pengeluaran, feeder ke penampung dan unit boiler. Pengujian terhadap benih yang dihasilkan dari proses mesin delinter menunjukkan daya kecambah sebesar 83%.

Kata kunci: Rekayasa delinter, kapas

ABSTRACT

Twenty percent of state's stock exchange yielded from textile industry, but requirement of domestic cotton fiber come from tired import 90% and its increasingly every year. Degradation of cotton fiber production is caused by the social and technical problem. Research result indicate that the domestic cotton productivity ought to 1.50-2.80 ton/ha, is while productivity in farmer store level still 0,48-0,52 ton/ha. Lowering productivity is usage of the seed less certifiable, because used by seed still fibers so that complicate in course of sorties to get the seed with quality and to eliminate the seed fiber needed by the delinter machine. Effort which have been done by washing H_2SO_4 needing the two-day time to get fibers brittle. Method the used is engineering method covering the device pre, device, function test, adaptation test and sprout energy test. Process to eliminate fiber done by using nitrite condensed (HNO_3) what is channeled passing the boiler pipe. Research result indicate that the delinter machine consist of the shares feeder, evaporation fiber, carrier channel to expenditure shares, feeder to container and unit boiler. Fiber is brittle so that seed not fibrous and its sprout reach 83%.

Keywords: Delinter engineering, cotton.

PENDAHULUAN

Indonesia pada saat ini merupakan negara pengimport kapas terbesar di dunia, 99% kebutuhan akan kapas nasional didatangkan dari 30 negara antara lain Australia, Amerika

Serikat, China, Pakistan, Tanzania, dan India (Sahid dan Wahyuni, 2001). Perkembangan import serat kapas selama empat pelita (Pembangunan Lima Tahun) terakhir cenderung meningkat, disisi lain produksi kapas nasional semakin menurun (Tabel 1).

¹ Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Situgadung, Tromol Pos 2 Serpong 15310.

² Pada Balai Penelitian Tembakau dan Serat, Jl. Raya Karangploso, Malang.

TABEL 1. JUMLAH IMPORT DAN PRODUKSI SERAT KAPAS DALAM PADA PELITA III S.D VI

Pelita	Kebutuhan Serat (Ton/tahun)		Kontribusi produksi kapas Dalam negeri thd total Kebutuhan (%)
	Import	Produksi dalam negeri	
III	114.480	3.572	3,03
IV	193.195	6.137	3,08
V	360.910	3.849	1,06
VI	463.261	2.535	0,54

* BPS 1999 dan Pelita III s.d VI dalam Sahid dan Wahyuni (2001)

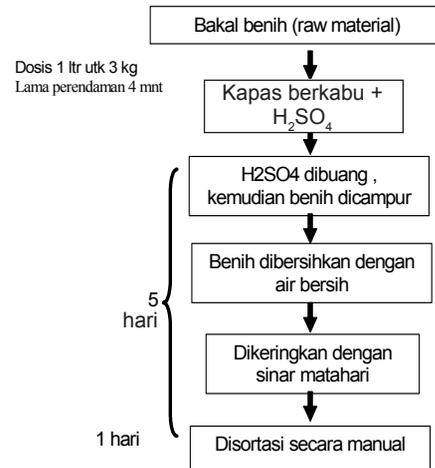
Perkembangan pemintal dan produksi benang di dalam negeri terus meningkat. Jumlah mata pinal dan produksi benang pada tahun 1996 bila dibandingkan dengan tahun 1999 mengalami kenaikan 10% dan 13% (API 2000 dalam Sahid dan Wahyuni 2001), seiring dengan laju pertumbuhan penduduk ekspor tekstil juga meningkat. Sisi lain luas areal pertanaman kapas semakin menurun. Untuk meningkatkan produktivitas dan perluasan areal pertanaman kapas pemerintah membentuk Program Intensifikasi Kapas Rakyat (IKR) yang dimulai pada tahun 1979. Akan tetapi pada kenyataannya luas areal dan produktivitas malah cenderung menurun. Areal pertanaman kapas tertinggi dicapai pada tahun 1985 seluas 46.360 ha dan menurun sampai 26.295 ha pada tahun 1999/2000, sementara tingkat produktivitas di tingkat petani hanya mencapai 0,48 – 0,52 ton/ha, padahal hasil penelitian seharusnya dapat mencapai 1,5 – 2,8 ton/ha kapas berbiji (Sahid dan Wahyuni, 2001).

Banyak faktor yang menjadi penyebab rendahnya produktivitas di tingkat petani. Salah satunya adalah rendahnya mutu serta jumlah benih yang tidak mencukupi kebutuhan petani (Sumarsini dan Hasnam, 2001). Akibatnya biaya produksi menjadi tinggi sedangkan harga kapas cenderung statis, sehingga usaha budidaya kapas menjadi tidak menguntungkan.

Benih kapas dihasilkan dari proses pemisahan biji dengan serat, dengan menggunakan alat *saw gin (ginnery)*. Proses ini menghasilkan biji yang masih mengandung serat-serat pendek (*fuzz/kabu-kabu*). Biji kapas masih diselubungi serat-serat kapas pendek disebut biji kapas berkabu, sehingga sulit untuk dilakukan sortasi (memisahkan biji yang baik dan rusak), penyimpanan, dan pemberian fungisida.

Proses pelepasan serat pendek (*delinting*) yang menempel pada biji kapas, pada umumnya dilakukan dengan merendam biji kapas berkabu di dalam H₂SO₄ selama 3 menit (Gambar 1). Untuk menetralkan H₂SO₄ digunakan kapur tohor selama beberapa menit, selanjutnya benih dicuci dengan air bersih dan dilanjutkan dengan penjemuran selama 2 s/d 3 hari. Cara ini dirasakan membutuhkan waktu yang lama, biaya

tinggi, dan mengakibatkan polusi lingkungan dari buangan sisa asam.

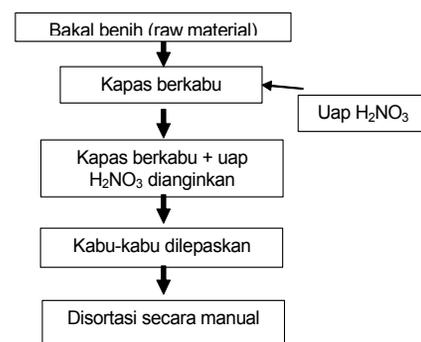


Gambar 1. Flowchart processing benih kapas sistem basah

Guna menghasilkan benih berkualitas dalam waktu yang lebih cepat dan lebih murah, perlu dilakukan perbaikan dalam sistem processing benih kapas. Penggunaan uap dari asam H₂NO₃ (asam nitrit), merupakan pilihan tepat karena uap dari asam nitrit dapat menghancurkan kabu-kabu (sisa kapas) dalam waktu yang lebih cepat dan tidak membuat benih menjadi terlalu basah sehingga tidak perlu dilakukan penjemuran dalam waktu yang lama (Gambar 2). Oleh karena itu melalui penelitian ini akan dilakukan rekayasa alat processing biji kapas berupa delinter kering untuk memperbaiki proses dan mempercepat proses pembersihan biji kapas dari kabu-kabu.

Perekayasa alat processing benih kapas sistem kering belum pernah dilakukan di Indonesia, sehingga sampai saat ini processing benih kapas masih dilakukan dengan sistem basah. Tujuan dari perekayasa adalah :

1. Menggambarkan alat processing benih kapas sistem kering.
2. Mengubah sistem processing benih kapas, dari sistem basah ke sistem kering yang menghasilkan benih yang lebih berkualitas dengan biaya rendah.



Gambar 2. Flowchart prosesing benih kapas sistem kering

- Menekan polusi lingkungan yang diakibatkan oleh sisa asam.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Perekayasaan

Perekayasaan dilakukan di Laboratorium rancang bangun alat dan mesin pertanian, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong, dimulai pada bulan April 2006 dan berakhir pada bulan Desember 2006.

Bahan dan Peralatan

Bahan untuk uji digunakan biji kapas berkapu yang diperoleh setelah proses pengambilan kapas dengan menggunakan ginnery, sedang asam yang digunakan adalah asam nitrit (H_2NO_3) dengan konsentrasi 62%, dimana uapnya mempunyai kemampuan menghancurkan serat kapas.

Material perekayasaan 80% menggunakan stainless steel seri 316 (suatu jenis material stainless steel yang tahan terhadap asam) terutama pada bagian-bagian yang terkena uap asam nitrit. Sedang pada bagian lainnya menggunakan fiber glass, karet serta plat besi.

Peralatan perekayasaan digunakan mesin bubut, alat tekuk plat, las steak untuk logam biasa dan stainless steel, serta las argon untuk stainless steel, dan pemotongan menggunakan gerinda potong serta mesin potong.

Prosedur Perekayasaan

Kerangka pikir. Empat fungsi penting dari alat delinter kering, 1). menciptakan uap asam nitrit, 2). Mencampur uap asam nitrit dengan kapas berkapu, 3). Mendestilasi sisa uap nitrit agar tidak mencemarkan lingkungan, dan 4). Mengeringkan dan mendinginkan benih kapas setelah terkena uap asam nitrit. Proses pengeringan dan pendinginan dimaksudkan agar benih kapas tidak kehilangan daya dan kekuatan tumbuh.

Berkait dengan tingkat bahaya yang ditimbulkan oleh uap asam nitrit terhadap kulit dan paru-paru operator, maka diciptakan sistem transportasi antar bagian dari alat dengan menggunakan *belt conveyer* dan destilator.

Uap asam nitrit diciptakan oleh boiler, kemudian uap yang tercipta disalurkan ke ruang pencampuran (*system screw conveyer*), setelah uap tercampur secara sempurna, maka benih dijatuhkan secara bebas ke *belt conveyer* dan menuju bak pengeringan dan pendinginan. Setelah beberapa saat di dalam bak benih akan mengering dan kapu-kapu hancur dan dengan mudah dipisahkan dari biji kapas.

Prosedur perekayasaan dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut (1) uji pendahuluan (2) pembuatan

gambar kerja, (3) perekayasaan alat delinter sistem kering, dan (4) Pengujian prototipe alat delinter sistem kering.

Uji pendahuluan. Uji pendahuluan ini dimaksudkan untuk mendapatkan data-data fisik dari kapas, waktu yang diperlukan untuk menghancurkan serat kapas dengan uap asam nitrit, suhu terbentuknya uap, pengaruh uap asam nitrit terhadap biji kapas, serta kemungkinan perubahan warna biji kapas.

Dalam uji pendahuluan, sebanyak 100 cc asam nitrit dipanaskan di dalam cawan stainless steel kemudian diukur suhu uap asam nitrit dengan thermometer, selanjutnya benih kapas berkapu diletakkan di atasnya dengan menggunakan kasa stainless steel, kemudian diamati warna serat kapas, apabila telah terjadi perubahan warna menjadi kuning menandakan kapas telah hancur oleh uap nitrit.

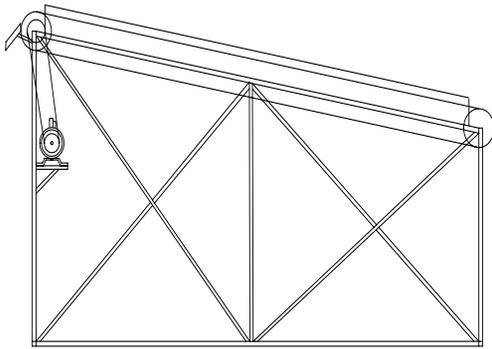
Kemudian benih dibersihkan alat poles benih kapas dan diukur dimensinya dengan menggunakan jangka ukur (*caliper*), sebelum dan sesudah terkena uap asam nitrit.

Pembuatan gambar kerja. Berdasarkan uji pendahuluan, maka dapat dilakukan perancangan alat processing benih kapas, yang meliputi boiler guna menciptakan uap asam nitrit, sistem transportasi bahan dari satu titik alat ke titik lainnya, sistem pemberian uap asam ke benih kapas berkapu, serta sistem pengendalian sisa uap asam nitrit agar tidak terjadi polusi lingkungan. Proses rancang bangun meliputi identifikasi penentuan parameter disain, perancangan, fabrikasi, pengujian mesin delinter dan apabila out put yang diharapkan tidak tercapai maka dilakukan modifikasi disain mesin dan dilanjutkan dengan fabrikasi serta uji kinerja mesin.

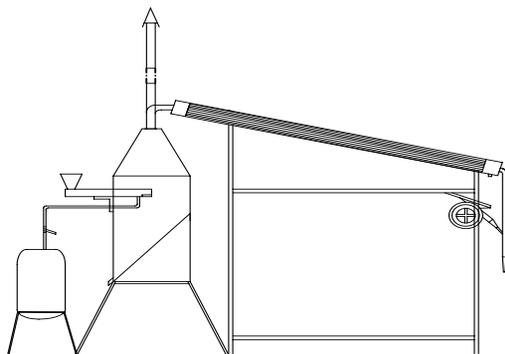
Gambar kerja mesin delinter meliputi bagian pengumpan, unit pengolahan biji kapas berkapu, dan unit pengeluaran. Bagian pengumpan merupakan bagian pembawa biji kapas berkapu dengan konstruksi besi siku, *roll-flat belt*, motor penggerak dan pada ujungnya terdapat plat yang mengarahkan biji kapas berkapu masuk ke *screw conveyer*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

Unit pengolahan biji kapas berkapu dibuat dengan menggunakan bahan *stainless steel* standar *food grade* dan di dalamnya terdapat *screw conveyer* yang menghantarkan biji kapas berkapu bersentuhan dengan uap nitrit yang dihasilkan dari boiler. Uap nitrit yang berlebihan setelah proses bersentuhan dengan biji kapas berkapu dan uap pembakarannya dikontrol melalui unit destilasi yang mampu merubah uap nitrit menjadi cairan nitrit, sehingga tidak membahayakan bagi kesehatan orang dan sebagian kecil sisa uapnya disalurkan melalui cerobong uap. Biji kapas berkapu yang telah diberi uap disalurkan ke bagian pengeluaran, seperti pada Gambar 4.

Bagian pengeluaran dibuat dari konstruksi besi siku, *roll-flat belt*, motor listrik yang mampu memindahkan biji dari bagian unit pengolahan ke bagian penampung. Pada bagian ujungnya terdapat pengarah yang terbuat dari flat stainless



Gambar 3. Bagian pemasukan kabu-kabu biji kapas.



Gambar 4. Unit pengolahan biji kapas

steel yang berfungsi untuk mengarahkan biji berkabu masuk ke bagian penampung.

Perekayasaan. Proses perekayasaan dilakukan dengan langkah sebagai berikut: 1) pemilihan material, 2) pengadaan material, 3) proses pembuatan pola guna pemotongan bahan, 4) pengujian awal pada setiap bagian alat, dan 5) penyatuan seluruh bagian alat.

Pengujian alat delinter kering. Pengujian alat delinter kering dilakukan dalam dua tahap, pertama uji fungsional terhadap setiap bagian dari alat (sistem pengumpan, pencampuran benih kapas berkabu dengan uap nitrit, serta sistim pengendalian sisa uap asam nitrit), setelah semua bagian alat berfungsi dengan baik maka dilakukan uji verifikasi untuk melihat unjuk kerja alat pada beban maksimum.

Prosedur pengujian dilakukan dalam 2 tahap pertama pengujian terhadap alat, kemudian dilanjutkan dengan tahap berikutnya yaitu pengujian daya tumbuh benih, prosedur pengujian adalah sebagai berikut :

- Asam nitrit sebanyak 20 liter dimasukkan ke dalam boiler
- Burner boiler kemudian dihidupkan
- Sistim pengendalian sisa uap nitrit dihidupkan
- Setelah uap nitrit tercipta, maka benih kapas berkabu diumpankan ke ban berjalan untuk masuk kedalam sistim pencampuran uap nitrit dan benih kapas berkabu

- Benih yang keluar dari sistim pencampuran kemudian didinginkan di dalam bak pendingin dengan menggunakan hembusan udara pada suhu lingkungan sekaligus menurunkan kadar air benih
- Setelah benih cukup kering (ka.14%), maka benih diayak maka kabu-kabu akan terlepas
- Setelah itu benih di uji daya tumbuhnya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Pendahuluan

Pada uji pendahuluan menunjukkan benih kapas mengalami perubahan dimensi bentuk, warna dan berat sebelum dan sesudah terkena uap asam nitrit. Sebelum terkena uap nitrit benih berwarna putih, bentuk bulat lonjong, diameter biji rata-rata 2,319 mm, panjang 6,624 mm, dengan berat 0,105 gr/biji dan 9,433 gr/100 grm biji.

Setelah terkena uap nitrit benih berwarna coklat kekuningan, lonjong oval, diameter biji rata-rata 2,413 mm, panjang 6,470 mm, dengan berat 0,154 gr/biji dan 13,242 gr/100 grm biji. Perubahan pada diameter serta berat benih dimungkinkan karena meningkatnya kadar air benih dari 10% ke 14% akibat terkena uap asam nitrit, sedang perubahan warna biji dari putih menjadi coklat kekuningan, akibat reaksi asam nitrit terhadap kulit ari dari biji, karena pada dasarnya biji kapas berwarna hitam dan diselimuti kulit ari yang berwarna putih.

Uji penghilangan kabu-kabu dengan menggunakan asam nitrit (H_2NO_3) (68%), di dapat data bahwa suhu uap asam nitrit 119,32 °C, waktu yang diperlukan untuk membentuk uap nitrit 3,40 menit untuk setiap 100 cc asam nitrit, waktu yang diperlukan untuk menghilangkan kabu-kabu 2,36 menit.

Hasil Rancang Bangun Alat Prossessing Benih Kapas Tipe Kering

Perancangan alat prossessing benih kapas terbagi dalam beberapa unit mesin, unit sistim pengumpan (belt conveyer), boiler utk mengubah asam nitrit dari cair menjadi uap, mixer uap nitrit dengan benih kapas, pengendali sisa uap nitrit, transportasi benih ke sistem pendingin, dan unit pendingin benih. Hasil rancang bangun disajikan pada Gambar 3 dan 4 tersebut di atas.

Sistim Pengumpan Benih

Pengumpan benih menggunakan *belt conveyer*, untuk menaikkan benih dari ketinggian 1.000 mm menuju 1.400 mm, hal ini dimaksudkan untuk menjauhkan operator dari uap nitrit yang berbahaya dan memungkinkan benih jatuh bebas ke arah *belt conveyer* kedua yang membawa benih ke alat pendingin.



Gambar 5. Sistem pengumpanan benih

Spesifikasi pengumpan, *belt conveyor* karet 2 play dengan lebar 30 cm, dengan panjang jarak dari titik peletakan benih sampai ke unit mixer uap nitrit 3.000 mm dengan elevasi 35°. Pengumpanan biji kapas berkabu digerakkan dengan motor listrik ¼ HP, reducer 1 : 30, kecepatan belt 500 mm/dtk, ketebalan benih yang bergerak diatas belt 1 s/d 2 cm.

Boiler



Gambar 6. Boiler

Merupakan unit untuk mengubah cairan asam nitrit menjadi uap nitrit, bahan yang digunakan st. steel seri 316, dengan pertimbangan ketahanannya terhadap sifat korosive dari asam nitrit. Dimensi boiler Ø 400 mm dan tinggi 700 mm termasuk kaki boiler, sumber panas boiler dari kompor tekan minyak tanah.

Mixer Uap Nitrit



Gambar 7. Mixer uap nitrit

Unit mixer uap nitrit berfungsi sebagai pencampur antara uap nitrit dengan benih kapas berkabu. Pencampuran menggunakan sistim ulir yang mendorong benih dalam jumlah dan kecepatan tertentu di dalam pipa, kemudian uap nitrit disuntikkan ke dalam pipa. Cara ini memungkinkan uap asam nitrit untuk dikontrol,

baik jumlah, lama pemberian (sehingga panas uap tidak sampai merusak daya tumbuh benih), serta kerataan diseluruh permukaan benih.

Mixer uap nitrit ini menggunakan ulir Ø 100 mm dengan jarak antar puncak ulir (pitch) 60 mm, dengan RPM 48, penggerak menggunakan motor listrik ¼ HP, single phase, dan ratio reducer 1 : 30.

Sistim Pengendali Sisa Uap Nitrit

Pengendalian sisa uap nitrit merupakan bagian terpenting pada alat delinter kering, karena hal ini berkaitan dengan kesehatan operator serta polusi lingkungan yang ditimbulkan



Gambar 8. Sistim pengendali sisa uap nitrit

oleh sisa uap nitrit. Untuk mengendalikan uap nitrit alat ini menggunakan dua cara, pertama mencairkan lembali uap asam nitrit dengan sistim destilator dan sisa yang lolos dibuang ke udara pada ketinggian 5 meter.

Destilator yang digunakan mempunyai Ø 150 mm dengan pipa destilasi Ø 10 mm dan panjang destilator 3000 mm, dengan sistim pendingin air, untuk mensirkulasi air digunakan pompa air ¼ HP, 220 volt.

Transportasi Benih Serta Sistim Pendinginan

Setelah benih bercampur dengan uap nitrit, maka benih akan jatuh bebas menuju belt conveyer dan dibawa ke bak pendinginan, pendinginan menjadi bagian penting kedua setelah sistim pengendali sisa uap nitrit. Sistim pendinginan, berfungsi sebagai penurun suhu setelah benih terkena uap nitrit dan kedua menghentikan reaksi kimia yang terjadi dipermukaan benih, tanpa peralatan ini benih akan rusak oleh suhu dan reaksi kimia yang terus berlanjut.

Transportasi benih menggunakan sistim belt conveyer, dengan lebar kerja 30 diletakkan mendatar, dengan panjang 2000 mm, untuk menggerakkan belt digunakan dinamo motor ¼ HP, 220 volt. Kemudian pendingin menggunakan sistim flat bed, dimana udara dialirkan ke dalam tumpukan benih dengan menggunakan blower.



Gambar 9. Sistim transportasi benih dan pendingin

Uji Verifikasi

Hasil uji verifikasi terhadap alat delinter kering dilakukan dengan menggunakan 100 kg benih kapas berkabu serta 30 kg asam nitrit yang dimasukkan ke dalam boiler, Setelah uap nitrit keluar dari boiler dan masuk kedalam mixer uap nitrit, pengumpanan benih kapas berkabu dimulai sampai seluruh kapas berkabu habis. Setelah itu alat dihentikan, kemudian

boiler ditimbang, selisih berat awal dan akhir merupakan jumlah pemakaian asam nitrit. Sedang minyak tanah diukur dengan alat penakar, dimana pada awal proses dimasukkan 10 liter minyak tanah, setelah beroperasi minyak tanah kembali ditakar.

Berdasarkan pengukuran diatas diketahui kapasitas delinter mencapai 60 kg/jam, menghabiskan 5 kg asam nitrit dan 4 liter minyak tanah. Berdasarkan pengujian ini processing benih kapas tipe kering jauh lebih hemat dalam penggunaan asam (meski berbeda jenis asamnya) serta waktu yang jauh lebih singkat karena dalam waktu satu jam kita sudah dapat menghasilkan benih kapas dengan kabu-kabu yang hancur dan siap dibersihkan.

Meskipun benih telah lepas dari kabu-kabu ternyata lapisan kulit ari biji kapas membentuk lapisan kuning akibat bereaksi dengan asam nitrit, lapisan ini mengakibatkan sulit untuk menyortasi benih yang keriput, pecah, atau berlubang, oleh karena itu perlu direkayasa alat untuk melakukan poles permukaan benih kapas, sehingga sortasi dapat dilakukan dengan lebih sempurna.

Uji daya tumbuh benih kapas yang diproses dengan menggunakan alat delinter tipe kering, dengan cara mengambil 100 biji yang diambil secara acak dan ditumbuhkan pada petridisk yang dilapisi kertas merang dengan 10 kali ulangan, menunjukkan daya tumbuh mencapai 83% sedang pembandingan 85%. Rendahnya daya tumbuh disebabkan tidak dilakukannya sortasi terhadap biji yang digunakan untuk uji daya tumbuh, jika dilakukan sortasi daya tumbuh masih akan meningkat.

KESIMPULAN

1. Pembersihan kabu-kabu yang melekat erat pada permukaan biji kapas dengan merendamnya di dalam asam sulfat pekat dapat diubah dengan menggunakan uap asam nitrit yg bersuhu 119,32 °C, tanpa merusak kualitas benih dengan daya tumbuh 83 %.

2. Waktu yang diperlukan untuk melepaskan kabu-kabu dari biji kapas dapat lebih singkat jika menggunakan delinter tipe kering, karena tidak adanya proses perendaman, penetralan pengaruh asam, pencucian, serta pengeringan.
3. Masih perlu di rekayasa alat untuk pembersihan lapisan kulit ari biji kapas agar dapat dilakukan sortasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK, (1983). Bertanam Kapas, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Anonim, (2001). Kapas. Buku 2. Monograf Balittas No.7. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat Malang.
- Marjono, R. (2001). Biologi Tanaman Kapas. KAPAS. Buku I, Monograf Balittas No.7. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang.
- Mujumdar, A.S. dan Devastin, S. (2001). Teknologi Pengeringan Bed Fluidisasi (Fluidized Bed). Panduan Praktis Mujumdar untuk Pengeringan Industrial. Seri Pustaka IPB Press. Bogor.
- Sahid, M. dan Wahyuni, S.A. (2001). Keragaan dan Konsep Perbaikan Pengembangan Kapas di Indonesia. KAPAS. Buku I, Monograf Balittas No. 7. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Balai Penelitian embakau dan Tanaman Serat, Malang.
- Sumartini, S. dan Hasnam, (2001). Teknik Produksi Benih Kapas Bersertifikat. KAPAS. Buku I, Monograf Balittas No.7. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang.