



LAPORAN AKHIR PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

**"GURZA FURNACE": KILN PENGARANGAN TEMPURUNG KELAPA
SEBAGAI SOLUSI INOVATIF *HOME INDUSTRY* DI CIHIDEUNG UDIK,
BOGOR**

**BIDANG KEGIATAN :
PKM Penerapan Teknologi**

Diusulkan Oleh :

Febri Aditya Pratama A.G.S	2010/F14100054 (Ketua Kelompok)
Dhikotama Andanu	2010/F14100036 (Anggota 1)
Haga Putranto	2010/F14100068 (Anggota 2)
Alif Aziz	2011/F14110111 (Anggota 3)
Fatkhiat Fitriatunnisa	2010/F34100105 (Anggota 4)

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2014

LAPORAN AKHIR PKM - PENERAPAN TEKNOLOGI

1. Judul Kegiatan : "Gurza Furnace" Kiln Pirolisis Tempurung Kelapa Yang Dilengkapi Destilator Sebagai Solusi Inovatif *Home Industry* Arang Di Desa Chideung Udik, Bogor
2. Bidang Kegiatan : PKM-Teknologi
3. Ketua Pelaksana Kegiatan :
- a. Nama Lengkap : Febri Aditya Pratama Arista Gabe
- b. NIM : F14100054
- c. Departemen : Teknik Mesin dan Biosistem
- d. Universitas/Institut/Politeknik : Institut Pertanian Bogor
- e. Alamat Rumah / HP : Jl. Borneo Raya no 17. Rt/Rw 04/10, Bojong Menteng, Rawa Lumbu, Bekasi, Jawa Barat
- f. Alamat e-mail : febri.sigiro@gmail.com
4. Anggota Pelaksana Kegiatan : 5 orang
5. Dosen Pendamping
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Dr. Ir Rokhani Hasbullah, M.Si
- b. NIDN : 0013086411
- c. Alamat Rumah /HP : Cibanteng Babangket kp. Cinangneng 1 RT 01 RW 01 no.3, Ciampea, Bogor, Jawa Barat/ 081294231393
6. Biaya Kegiatan Total
- Dikti : Rp. 10.500.000
- Sumber lain : -
7. Jangka Waktu Pelaksanaan : 4 bulan

Bogor, 22 Juli 2014
Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Mesin
dan Biosistem

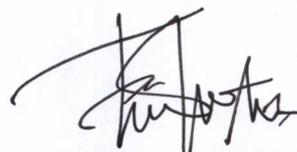


Dr. Ir. Desrial, M. Eng
NIP. 19661201 199103 1004

Wakil Rektor Bidang Akademik dan
Kemahasiswaan

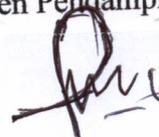


Ketua Pelaksana Kegiatan



Febri Aditya Pratama A.G.S
NIM. F14100054

Dosen Pendamping,



Dr. Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si
NIP. 19640813 199102 1001

ABSTRAK

Salah satu komoditi pertanian yang sangat penting di Indonesia adalah kelapa. Indonesia sendiri merupakan negara tropis penghasil buah kelapa yang cukup besar di dunia. Produksi buah kelapa Indonesia rata-rata 15,5 milyar butir/tahun atau setara dengan 3,02 juta ton kopra, 3,75 juta ton air, 0,75 juta ton arang tempurung, 1,8 juta ton serat sabut, dan 3,3 juta ton debu sabut (Agustian et al., 2003; Allorerung dan Lay, 1998; Anonim, 2000; Nur et al., 2003; APCC, 2003). Industri mengenai pengolahan limbah arang tempurung kelapa juga mulai terus berkembang seiring meningkatnya permintaan dari industri. Pengembangan industri arang tempurung kelapa ini menghasilkan limbah berupa asap yang berdampak buruk bagi lingkungan. Tujuan dari PKM ini adalah merancang dan membuat suatu kiln yang mampu menghasilkan arang sekaligus menangkap asap yang dihasilkan selama proses pirolisis tanpa menurunkan laju produksi dan rendemen dari arang. Kiln yang dirancang memiliki kapasitas hingga 80 kg. Dari 60 kg pengujian kiln yang dibuat memiliki rendemen rata-rata 41.28% meningkat signifikan dari alat (drum) yang digunakan sebelumnya oleh mitra sebesar 28%. Kiln mampu mengkonversi asap 6.2 L dengan waktu kerja 9.5 jam.

Kata kunci: *Kiln*, arang, asap cair.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir Program Kreativitas Mahasiswa - Bidang Teknologi. Kegiatan PKM dengan judul "*GURZA FURNACE*": KILN PENGARANGAN TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI SOLUSI INOVATIF *HOME INDUSTRY* DI CIHIDEUNG UDIK, BOGOR telah selesai dilaksanakan pada tanggal 24 Januari 2014 - 22 Juli 2014. Laporan akhir PKM-T ini dimaksudkan agar penulis mampu berbagi ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama pengerjaan PKMT, yaitu proses perancangan kiln dan uji kinerja kiln.

Dalam proses penyusunan laporan praktik lapang ini penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. **Dr Ir Rokhani Hasbullah, M.Si**, selaku dosen pembimbing PKMT yang telah membimbing penulis dan tim dalam menyelesaikan laporan akhir Program Kreativitas Mahasiswa ini.
2. **Dr Ir Desrial, M.Eng** selaku ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor.
3. **Prof Dr Ir Yonny Koesmaryono, MS** selaku Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kemahasiswaan.
4. **Bapak Mamad** selaku mitra PKM kami; terimakasih atas ilmu yang diberikan, bantuan dan pendampingannya selama program ini berlangsung, ilmu yang diberikan sangat bermanfaat bagi penulis.

Penulis berharap laporan akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Bogor, Juli 2014

Penulis

BAB I. PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Salah satu komoditi pertanian yang sangat penting di Indonesia adalah kelapa. Kelapa menjadi sangat penting karena kegunaan dari buahnya bisa dimanfaatkan hingga 100 persen, dari mulai daging buah hingga tempurung kelapa hasil pengolahan daging buah tersebut.

Indonesia sendiri merupakan negara tropis penghasil buah kelapa yang cukup besar di dunia. Produksi buah kelapa Indonesia rata-rata 15,5 milyar butir/tahun atau setara dengan 3,02 juta ton kopra, 3,75 juta ton air, 0,75 juta ton arang tempurung, 1,8 juta ton serat sabut, dan 3,3 juta ton debu sabut.

Industri mengenai pengolahan limbah arang tempurung kelapa juga mulai terus berkembang seiring meningkatnya permintaan dari industri. Pengembangan industri arang tempurung kelapa ini menghasilkan limbah berupa asap yang berdampak buruk bagi lingkungan. Karena sebagian besar pengolahan limbah tempurung kelapa di bakar (pirolisis) untuk dijadikan arang. Pada saat proses pengkonversian ini asap yang dihasilkan sangat banyak dan hal ini sangat potensia untuk dimanfaatkan. Melihat hal tersebut telah dilakukan kajian untuk memproduksi dan memanfaatkan limbah asap yang dihasilkan dari pembakaran tempurung kelapa tersebut menjadi distilat asap atau asap cair. Asap cair bersifat antimikroba dan antioksidan yang dapat berfungsi sebagai bahan pengawet pada industri pangan, densifektan yang dapat memperbaiki kualitas produk karet pada industri perkebunan dan anti hama yang dapat melindungi kayu dari serangan rayap pada industri kayu.

Kebanyakan perkembangan dari industri pengolahan limbah kelapa ini masih bersifat industri rumahan atau *home industry* sehingga teknologi yang digunakan sangatlah sederhana. Teknologi proses yang diterapkan pada pengolahan arang tempurung kelapa menjadi asap cair belum optimal dalam mengatasi limbah asap yang dihasilkan. Selain itu kemampuan yang rendah dari teknologi penangkapan asap, terdapat permasalahan yang ditimbulkan dengan adanya teknologi penangkapan asap, yaitu menurunnya rendemen atau produktifitas dari arang yang dihasilkan.

Melihat hal tersebut perlu adanya teknologi tepat guna yang mampu mengatasi limbah asap dari hasil pembakaran tempurung kelapa secara optimal dan dapat menghasilkan rendemen yang banyak. Sehingga produksi arang banyak dan teknologi tersebut ramah lingkungan.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi latar belakang proposal ini:

1. Terbatasnya teknologi pembuatan arang yang digunakan di industri pengolahan limbah tempurung kelapa sehingga rendemen yang dihasilkan dari pengolahan tersebut sangat kecil, sehingga mempengaruhi produksi arang tersebut.

2. Teknologi yang digunakan menimbulkan banyak asap, asap ini sangat potensial untuk dijadikan asap cair.
3. Proses pengubahan tempurung kelapa menjadi arang membutuhkan waktu yang lama dan kualitas arang yang dihasilkan belum cukup baik.
4. Semakin kurangnya tenaga kerja yang mau bekerja dibidang industri ini.
5. Dibutuhkan terobosan teknologi tepat guna yang memiliki fungsi sebagai pembuat arang sekaligus menangkap asap untuk di destilasikan menjadi asap cair.
6. Dibutuhkan teknologi yang mampu menghasilkan arang dengan rendemen yang tinggi dengan cepat dan kualitas arang yang dihasilkan sangat baik.

Tujuan Program

Tujuan dari Program Kreativitas Mahasiswa - Teknologi ini adalah:

1. Meningkatkan inovasi mahasiswa dan menerapkan ilmu yang di dapat.
2. Membantu industri rumahan pengolahan tempurung kelapa dalam meningkatkan rendemen arang sehingga hasil produksi semakin bertambah.
3. Meningkatkan efektifitas dan efisiensi proses pembakaran tempurung kelapa.
4. Mengatasi pencemaran lingkungan berupa asap hasil pembakaran dan menjadikannya sebuah potensi untuk dijadikan asap cair sehingga menambah pendapatan dari industri rumahan tersebut.

Luaran Yang Diharapkan

Luaran yang diharapkan dari kegiatan ini adalah:

1. Mendesain suatu alat tepat guna yang mampu menghasilkan rendemen arang yang tinggi sehingga produksi meningkat.
2. Mendesain suatu alat tepat guna yang dapat mengumpulkan asap yang dihasilkan dari proses pembakaran dan kemudian di ubah menjadi asap cair tanpa harus menurunkan rendemen dan kecepatan pengarangan.
3. Menghasilkan inovasi alat tepat guna yang dapat meningkatkan kualitas arang yang dihasilkan.
4. Menghasilkan inovasi alat yang tepat guna, namun murah dan ramah bagi pengguna (pekerja) dan lingkungan.

Kegunaan Program

1. Untuk Pribadi
 - a. Menambah pengetahuan dan wawasan mengenai proses pengolahan asap cair dari tempurung kelapa.
 - b. Mengembangkan ide dalam pembuatan alat yang menghasilkan rendemen yang optimal dan dapat mengatasi limbah hasil pembakaran.
 - c. Menerapkan ilmu yang telah didapat di perkuliahan.
 - d. Menambah pengalaman dan memecahkan masalah yang terjadi di lingkungan.

2. Untuk Kelompok
 - a. Melatih kerjasama dalam tim dalam pemecahan masalah.
3. Untuk Masyarakat dan Mitra
 - a. Meningkatkan produksi arang yang dihasilkan
 - b. Menambah pendapatan mitra karena adanya barang produksi baru yang memiliki nilai jual yang tinggi yaitu berupa asap cair.
 - c. Alat ini dapat mereduksi buangan limbah sisa pembakaran sehingga mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Potensi Tempurung Kelapa

Hasil utama kelapa yang banyak dimanfaatkan manusia adalah berupa buahnya untuk dijadikan minyak. Selain itu dari buah kelapa tersebut juga dihasilkan atau didapat bahan-bahan lain yang disebut dengan limbah. Limbah kelapa ini berupa sabut, tempurung, air kelapa, ampas daging kelapa, kelapa batang, dan daun serta akarnya. Limbah ini semakin banyak dan jumlahnya sehingga akan mengganggu lingkungan. Melalui ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang, limbah kelapa tersebut dapat diolah dan diambil manfaatnya untuk menjadi nilai tambah. Salah satu limbah yang mempunyai potensi pemanfaatan yang tinggi adalah tempurung kelapa.

Masyarakat menganggap tempurung kelapa sebagai limbah, sehingga tidak dimanfaatkan dengan optimal. Tempurung kelapa dapat diolah menjadi bermacam-macam produk olahan ekonomi yang bisa mendatangkan devisa bagi negara. Salah satu produk olahan yang memiliki prospek baik adalah arang tempurung. Arang tempurung kelapa sangat potensial untuk diolah menjadi karbon aktif. Karbon aktif dapat digunakan untuk berbagai industri antara lain industri obat-obatan, makanan, minuman, pengolahan air, dan lain-lain.

Arang Tempurung Kelapa

Arang tempurung kelapa adalah produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap tempurung kelapa. Sebagai bahan bakar, arang lebih menguntungkan dibanding kayu bakar. Arang memberikan kalor pembakaran yang lebih tinggi, dan asap yang lebih sedikit.

Proses pengolahan tempurung kelapa menjadi arang dilakukan dengan cara dibakar. Setumpuk tempurung kelapa dimasukkan ke dalam drum. Kemudian, tempurung kelapa dibakar sedikit demi sedikit hingga penuh. Setelah semalaman barulah kemudian diayak untuk menyaring batok yang berkualitas baik

Arang dapat ditumbuk, kemudian dikempa menjadi briket dalam berbagai macam bentuk. Briket lebih praktis penggunaannya dibanding kayu bakar. Arang

juga dapat diolah lebih lanjut menjadi arang aktif, dan sebagai bahan pengisi dan pewarna pada industri karet dan plastik.

Bahan baku arang yang berkualitas baik adalah tempurung kelapa dalam yang sudah tua. Tempurung tua ditandai dengan warna bagian luarnya yang coklat tua yang ditandai dengan warnanya yang masih keputihan. Arang tempurung ini dapat dipasarkan langsung, bisa pula diolah lebih lanjut menjadi briket atau karbon aktif. Karbon aktif adalah, arang tempurung yang telah disosoh hingga bagian luar yang lebih lunak terkikis, dan tinggalah bagian dalamnya yang sangat keras. Karbon aktif banyak diperlukan oleh industri untuk filter maupun proses kimia.

Asap Cair dari Pembakaran Tempurung Kelapa

Asap diartikan sebagai suatu suspensi partikel-partikel padat dan cair dalam medium gas. Sedangkan asap cair merupakan campuran larutan dari dispersi asap kayu dalam air yang dibuat dengan mengkondensasikan asap hasil pirolisis kayu. Produksi asap cair merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna yang melibatkan reaksi dekomposisi karena pengaruh panas, polimerasi, dan kondensasi. Asap memiliki kemampuan untuk mengawetkan bahan makanan karena adanya senyawa asam, fenolat, dan karbonil.

Asap cair sudah umum digunakan untuk menggantikan pengasapan tradisional dan sudah diproduksi secara komersial. Komponen asap terutama berfungsi untuk memberi cita rasa dan warna yang diinginkan pada produk asapan, dan berperan dalam pengawetan dengan bertindak sebagai antibakteri dan antioksidan. Selain memiliki sifat antibakteri dan antioksidan asap cair juga memiliki sifat merubah tekstur pada produk olahan seperti ikan dan daging serta merubah kualitas nutrisi pada produk olahan. Sifat antioksidan dan antimikroba terutama diperoleh dari senyawa-senyawa fenol yang merupakan salah satu komponen aktif dalam asap selain karbonil, keton, aldehyd, asam-asam, lakton, alkohol, furan, dan ester. Antioksidan adalah zat yang dapat menunda atau memperlambat kecepatan oksidasi terhadap zat-zat yang mengalami autooksidasi. Fenol juga memiliki sifat sebagai pembentuk cita rasa pada produk pengasapan.

Asap cair tempurung kelapa mengandung senyawa fenol, yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri atau jamur sehingga dapat digunakan sebagai pengawet maupun disinfektan. Memanfaatkan limbah asap pada industri pembuatan arang tempurung kelapa menjadi asap cair akan menaikkan nilai tambah bagi industri tersebut, bahkan dapat mengatasi pencemaran lingkungan.

Cara pembuatan pirolisis asap cair tempurung kelapa dilakukan dengan destilasi kering atau pirolisis. Teknik pirolisis dilakukan secara terpadu yaitu dengan satu kali proses pada satu alat destilasi kering yang sama dan akan dihasilkan bermacam produk sekaligus yang semuanya memiliki nilai guna yang tinggi yaitu arang dan asap cair. Destilasi kering atau pirolisis adalah pengembangan dari teknik karbonasi kayu yang berkembang di masyarakat. Teknik karbonasi yang digunakan masyarakat pada umumnya dengan pembakaran kayu langsung dalam suatu tungku atau drum dengan hasil utamanya arang dan hasil samping yang berupa asap yang dibuang ke udara. Asap yang dihasilkan dari proses karbonasi tersebut dapat meningkatkan

emisi gas rumah kaca di atmosfer sehingga memiliki kontribusi terhadap pemanasan global.

Pembuatan arang dengan teknik pirolisis merupakan proses pembakaran bahan kayu dengan suhu tinggi dalam wadah atau tempat kedap udara yang dilengkapi dengan alat kondesor, dalam waktu tertentu, dimana asap yang dihasilkan dari pembakaran tidak dilepaskan ke udara, tetapi dijebak dan dikondensasi sehingga akan terbentuk cairan yang disebut asap cair.

BAB III. METODOLOGI PELAKSANAAN PROGRAM

Identifikasi Masalah Dari Alat (Kiln) Milik Mitra

Metode pengarangan yang digunakan pada mitra terbilang masih sangat konvensional, yang hanya menggunakan drum bekas sebagai alat untuk pengarangannya.

Kelemahan dari metode konvensional yang digunakan oleh mitra adalah menimbulkan banyak emisi yaitu berupa asap yang menyebabkan pencemaran lingkungan sekitar, selain itu panas berlebih yang dihasilkan selama proses pengarangan dapat menurunkan run off dari tanah sebesar 37%, (Ajayi et al., 2009) dan menurunkan kerapatan tumpukan dari tanah (Oguntunde et al., 2008), karena kontak langsung dalam waktu yang lama terhadap tanah.



Gambar 1 Proses *Unloading* Arang Mitra

Tidak hanya itu dengan metode konvensional seperti itu masih banyak arang yang belum matang ketika proses pengarangan selesai dilakukan. Proses unloading arang pun sangat sulit karena harus menggulingkan badan drum secara keseluruhan.

Berikut ini gambar keadaan umum mitra



Gambar 3 Asap Pengarangan



Gambar 4 Kabut Asap Proses Pengarangan

Konsultasi Mitra

Konsultasi mitra dilakukan agar alat yang diterapkan kepada mitra mampu diimplementasikan dilapangan dengan baik, sehingga alat tersebut menjadi alat yang tepat guna sesuai dengan kebutuhan mitra. Tidak hanya itu konsultasi dengan mitra diharapkan mampu membantu mitra agar mudah dalam proses penggunaan alatnya karena alat yang dbuat sesuai dengan kondisi mitra tersebut.



Gambar 5 Konsultasi Rancangan Kiln Dengan Mitra

Alat dan Bahan

1. Alat

- Mesin bor listrik
- Mesin bubut
- Gerinda
- Tool box
- Rivet
- Gergaji besi
- Las karbon

2. Bahan

- Plat besi 4 mm
- Besi silinder
- Kassa
- Plat *stainless steel*
- Mur, baut
- Pipas *stainless steel*
- Tangki

Rancangan Fungsional

Dalam merancang kiln hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah jumlah udara yang diperlukan dalam pembakaran, sistem pembakaran awal, jumlah tempurung kelapa yang akan diarangkan, bagaimana proses *loading* dan *unloading* bahan kedalam kiln tersebut dan bagaimana pengelolaan asap yang dihasilkan oleh pembakaran.

Tabel 1. Rancangan Fungsional Kiln

No.	Nama Bagian	Fungsi
1.	Ruang Pengarangan	Ruang pengarangan berfungsi sebagai tempat terjadinya pembakaran. Di sekitar dinding ruang pengarangan di lengkapi dengan lubang - lubang udara yang berfungsi memasukkan udara yang dibutuhkan selama pengarangan. Lantai ruang pengarangan terdapat lubang - lubang yang tersebar merata dan banyak yang berfungsi meratakan udara yang berasal dari laci penyimpanan udara.
2.	Kasa berlubang	Merupakan tempat untuk <i>starter</i> pada proses pyrolisis di dalam ruang pengarangan. Kasa ini berada di tengah ruang pembakaran. Pada saat proses <i>starter</i> kassa ini diisi dengan tempurung kelapa.
3.	Lubang udara	Berfungsi sebagai tempat masuknya udara ke dalam ruang pengarangan. Lubang udara terletak pada dinding kiln dan pada bagian bawah yang terhubung pada ruang <i>unloading</i> debu dan penyimpanan udara bakar. Lubang udara dapat dibuka dan ditutup secara manual, untuk memudahkan pengguna dalam mengatur udara yang masuk ke dalam ruang pengarangan.
4.	Tutup kiln dan cerobong asap	Tutup kiln dirancang terpisah dengan badan kiln. Karena proses loading bahan baku di masukkan lewat bagian atas kiln. Tutup kiln terhubung langsung dengan cerobong asap yang berfungsi sebagai tempat pengeluaran asap selama proses berlangsung. Pada bagian atas cerobong dilengkapi dengan pengumpul tar, yang berfungsi mengumpulkan tar yang terjadi selama proses pengarangan berlangsung. Tutup kiln yang dirancang berbentuk seperti kerucut.

5.	Kaki penyangga dan Poros Engkol	Kaki penyangga ini berfungsi sebagai kedudukan dari seluruh tubuh kiln. Kaki penyangga ini dilengkapi dengan poros engkol yang berfungsi sebagai penggerak tubuh kiln untuk berputar atau "jungkir" pada saat proses <i>unloading</i> dari arang yang telah dihasilkan. Dengan adanya kaki penyangga pengguna dapat dengan mudah mengeluarkan arang yang dihasilkan dengan cara menjungkirkannya. Karena kaki penyangga ini memungkinkan tubuh kiln berputar.
7.	Kondensor	Kondensor berfungsi untuk mengubah asap yang dihasilkan dari pirolisis tempurung kelapa menjadi minyak, atau asap cair.



Gambar 5 Kiln



Gambar 6 Lubang Udara Bawah

Rancangan Struktural

Berikut akan diuraikan rancangan struktural dari setiap bagian kiln, berupa dimensi dan material yang akan digunakan dalam pembuatan kiln.

1. Ruang Pengarangan

Pada ruangan pengarangan ini bahan yang akan diarangkan adalah tempurung kelapa dengan kapasitas ruang pengarangan untuk 100 kg tempurung kelapa dalam satu kali proses.

Kerapatan tumpukan dari tempurung kelapa berdasarkan Dirk Lechtenberg, MVW Lechtenberg & Partner pada *Global Cement Magazine, October 2012* yaitu sebesar 404 kg/m^3 . Maka volume pengarangan untuk sekali proses adalah

$$\begin{aligned}
 V &= 100 \text{ kg} / 404 \text{ kg/ m}^3 \\
 &= 0,248 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

(ditambah 2/3 ruangan pengarangan untuk pengarangan optimum, Nurul H 2013)

$$\begin{aligned} V &= 0,248 + (0,248 \times 2/3) \\ &= 0,248 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume tersebut maka ukuran ruang pengarangan adalah :

- Tinggi ruang pengarangan = 0.8 m
- Diameter ruang pengarangan = 0.7 m
- Tebal dinding ruang pengarangan = 0.004 m

Energi yang diperlukan untuk mengarang kelapa seberat 60 kg adalah (nilai kalor tempurung kelapa 4950 *kal/gram* (Nurhayati T (1982) dalam Fonda (2002)), nilai kalor jenis tempurung kelapa diasumsikan sama dengan nilai kalor jenis kayu-kayuan yaitu sekitar 2-2,9 kJ/kg^oK (www.toolbox.com), dan pada perancangan ini kalor jenis diasumsikan sekitar 2,5 kJ/kg^oK

$$\begin{aligned} Q &= m \times C \times \Delta t \\ Q &= 60 \text{ kg} \times 2,5 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K} \times (573 - 303)^{\circ}\text{K} \\ Q &= 40500 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Dengan mengasumsikan efesiensi dari kiln hasil rancangan sekitar 15% maka perhitungan kebutuhan energi pengarangan menjadi

$$\begin{aligned} Q &= (40500 \text{ kJ} \times 0.15) + 40500 \text{ kJ} \\ &= 46575 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Kasa berlubang

Kasa berlubang ini digunakan sebagai tempat *starter* pertama pada saat proses pengarangan. Dengan adanya kasa ini diharapkan pembakaran dapat terjadi dengan sempurna.

Kasa berlubang ini berbentuk tabung dan diletakkan di tengah-tengah ruang pengarangan dengan diameter 0.15 m dan tinggi 0.8 m. Hal tersebut diharapkan dapat menyebabkan penyebaran panas yang merata di setiap bagian dari ruang pembakaran. Kasa yang digunakan adalah kasa baja agar tidak mudah rusak pada suhu tinggi selama pembakaran.



Gambar 7 Kasa Kiln

3. Lubang Udara

Lubang udara berfungsi sebagai tempat masuknya udara yang digunakan pada proses pirolisis. Lubang udara yang dirancang harus di dekati dengan perhitungan kebutuhan udara selama pembakaran yang dihitung dengan jumlah C sebesar 15-30 % dan H sebesar 2-5 % (Pichtel 2005 dalam Pradipta 2011).

Sesuai dengan persentase jumlah C 15-30 %, persentase C yang terikat dengan oksigendiharapkan sedikit karena dalam pirolisis oksigen yang masuk ke dalam ruang pengarangandiusahakan seminimal mungkin, maka digunakan persentase C 15%.

$$W_{min} = \frac{100}{21} \times ((1,96 \times C) + (5,85 \times H))$$

$$W_{min} = \frac{100}{21} \times ((1,96 \times 0,15) + (5,85 \times 0,05)) = 2.792 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Laju pembakaran (Bbt) dapat dihitung melalui perbandingan bobot bakar yang akan dibakar (m) dengan waktu pembakaran (t). Diasumsikan sekali proses pengarangan berlangsung selama **8 jam**.

$$Bbt = \frac{m}{t} = \frac{(60)}{8} = 7.5 \text{ kg/jam}$$

Debit udara yang yang dibutuhkan untuk pembakaran dapat dihitung dengan mengalikan jumlah kebutuhan udara minimum dengan laju pembakaran.

$$\begin{aligned} Qud &= W_{min} \times Bbt \\ &= 2.793 \text{ m}^3/\text{kg} \times 7.5 \text{ kg/jam} \\ &= 20.947 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,00589 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Menurut Abdullah et al. (1998) debit udara pada proses perancangan untuk pembakaran perlu ditambahkan kelebihan udara sebesar 40% dari total debit udara yang dibutuhkan secara teoritis.

$$\begin{aligned} Qud &= 0,00589 \text{ m}^3/\text{detik} \times 1,4 \\ &= 0,00815 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Menurut Pradipta (2011) kecepatan udara yang dibutuhkan sebesar 1.105 m/detik. Pada perancangan kali ini lubang udara buat sebanyak 5 buah buah dengan diameter lubang 0,008 m. Lubang tersebut dapat diatur dengan sistem tuas yang mirip seperti kran air untuk memudahkan dalam pengaturan udara pembakaran.



Gambar 4 Lubang Udara di Badan Kiln

4. Tutup kiln dan Cerobong asap

Tutup kiln berbentuk seperti kerucut dengan diameter 0,908 m. Pada atap tutup terdapat cerbong asap dengan tinggi 0,5 m dan diameter 0,15 m. Diatas cerobong dibuat penampang yang berbentuk seperti kerucut yang berfungsi meredam aliran dari asap sebelum keluar, selain itu fungsi dari tutup kerucut itu untuk menyimpan tar yang dihasilkan. Tutup kiln dan cerobong dibuat dengan bahan plat besi dengan ketebalan 2 mm.



Gambar 8 Badan dan Tutup Kiln

5. Kaki Penyangga

Kaki penyangga kiln dibuat portable atau dapat dibongkar pasang. Dimaksudkan untuk memudahkan dalam pengoprasian kiln. Kiln ditaruh pada kaki

penyangga dan dengan poros engkol yang terdapat pada badan kiln memudahkan pada saat proses unloading arang yang telah dihasilkan.

Batang kaki penyangga di buat dengan ketebalan 0,004 m dan lebar 0,15 m, sedangkan pada bagian dasar kaki penyangga dibuat dengan besi plat dengan panjang 0,2 m dan lebar 0,06. Panjang kaki penyangga dirancang dengan ukuran 0,7 m dan diatas terdapat lubang untuk menaruh kiln dengan diameter 0,008 m.

6. Kondensor

Kondensor yang dirancang menggunakan pipa tembaga ukuran 2 inch dengan diameter dalam 0.051 m dan diameter luar 0.0539 m. Kondensor yang dirancang dengan berpendingin air.

Temperatur keluaran dari kondensor 50°C , uap yang masuk kedalam kondensor 350°C . Kondensor berpendingin air dengan konveksi alami, suhu air 30°C , setelah melewati kondensor suhu air naik menjadi 50°C dengan nilai $U = 100 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$.

Untuk mengetahui pindah panas yang terjadi pada steam, oleh sebab itu perlu diketahui pindah massa dari steam di dalam kondensor :

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \rho \times v \times A \\ &= 0.595 \text{ kg/m}^3 \times 10.2 \text{ m/s} \times (0.051^2/4) = 0.012391593 \text{ kg/s} \\ \text{Pindah panas yang terjadi pada kondensor :} \\ q &= \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \\ &0.012391593 \text{ kg/s} \times 2.075 \text{ kJ/kgC} \times (350^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}) = 7.1995 \text{ kW} \\ &= 7199.516 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_m &= \frac{(350 - 50) - (50 - 30)}{\ln \frac{(350 - 50)}{(50 - 30)}} \\ &= 129.0384^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

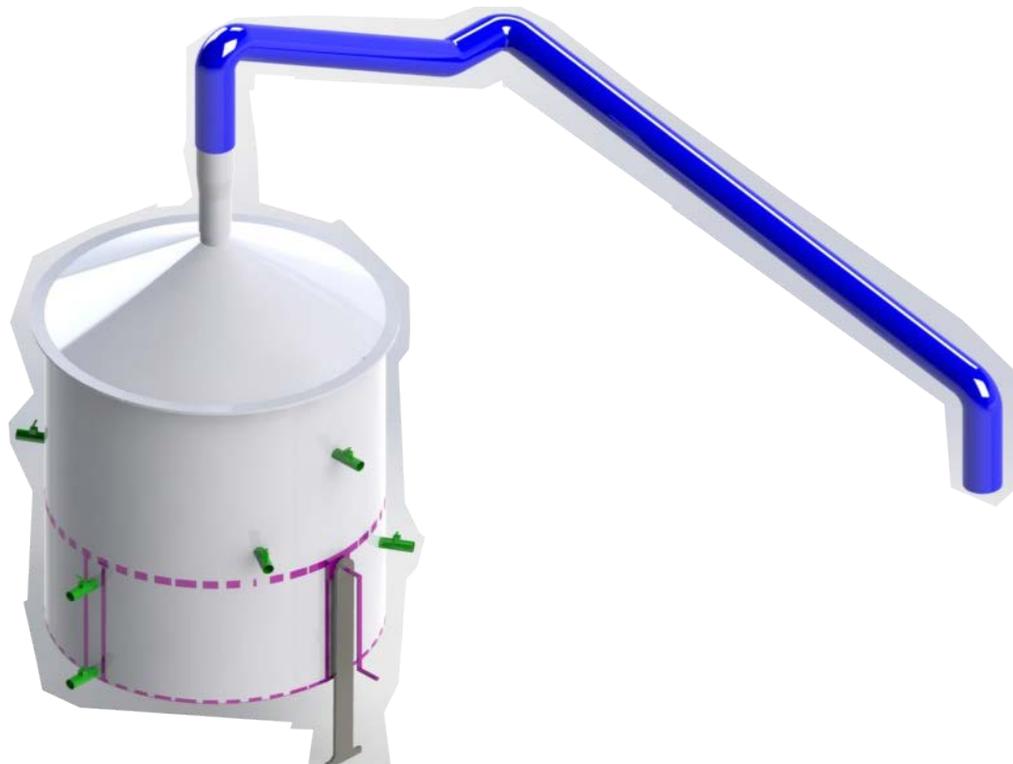
$$\begin{aligned}A &= \frac{q}{U \times \Delta T_m} \\ &= 0.558 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Jika, OD = 0.0539 maka panjang kondensor = 3.3 m

Gambar Teknik

Gambar teknik merupakan salah satu media untuk menerjemahkan ide rancangan baik rancangan fungsional maupun rancangan struktural sebelum menjadi alat yang diinginkan.

Gambar teknik yang telah di buat akan disampaikan pada bagian lampiran, berikut ini merupakan gambar 3 dimensi dari rancangan kiln.



Gambar 9 Gambar Tiga Dimensi Dari Kiln

Pabrikasi

Pada tahap ini semua dimensi dan gambar di buat dibentuk kedalam bentuk nyata, bentuk 3 dimensi



Gambar 10 Proses Pabrikasi Kiln

Implementasi Ke Mitra

Kiln yang sudah selesai di pabrikasi kemudian di implementasikan kepada mitra untuk dapat digunakan oleh mitra dan menjawab solusi yang dibutuhkan oleh mitra tersebut.



Gambar 11 Implementasi Kiln

Uji Kinerja

Uji kinerja yang dilakukan untuk mengetahui kinerja dari kiln yang dibuat, beberapa parameter yang diukur untuk menentukan kinerja dari kiln tersebut adalah; jumlah dari arang yang dihasilkan, jumlah asap cair yang dihasilkan, jumlah arang yang tidak matang dan sebaran suhu. Berikut ini gambar dari uji kinerja yang telah dilakukan



Gambar 12 Uji Kinerja Sebaran Suhu Kiln

Rekapitulasi Rancangan Biaya

Berikut ini disertakan rekapitulasi penggunaan biaya pada pelaksanaan program PKM-T (*Gurza Furnace*) :

Tanggal Pengeluaran	Kebutuhan	Biaya (Rp)	Keterangan
08 - 02 - 2014	Transportasi ke Mitra	50000	Memberitahu mitra keberlangsungan program bahwa program didanai
15 - 02 - 2014	Transportasi ke mitra	50000	Konsultasi dengan mitra
19 - 02 - 2014	Konsumsi tim	50000	Analisis permasalahan yang terdapat pada mitra
01 - 03 - 2014	Transportasi ke mitra	50000	Konsultasi dengan mitra
05 - 03 - 2014	Konsumsi tim	30000	Membahas rancangan kiln yang sesuai dengan keadaan mitra
10 - 03 - 2014	Print perhitungan analisis teknik	20000	Menampilkan perhitungan analisis teknik kepada dosen pembimbing PKM-T
12 - 03 - 2014	Konsumsi tim	25000	Membahas analisis teknik yang telah direvisi dosen pembimbing
17 - 03 - 2014	Print perhitungan analisis teknik	15000	Menampilkan perhitungan analisis teknik yang telah direvisi kepada dosen pembimbing PKM-T
22 - 03 - 2014	Konsumsi tim	30000	Melakukan perancangan dengan gambar teknik
02 - 04 - 2014	Print gambar teknik	20000	Menampilkan hasil gambar kepada dosen pembimbing akademik PKM-T
06 - 04 - 2014	Print gambar teknik	30000	Konsultasi hasil gambar teknik kepada mitra
09 - 04 - 2014	Transportasi ke mitra Konsumsi tim	50000 20000	Revisi gambar teknik yang telah dikonsultasikan dengan mitra dan dosen pembimbing PKM-T
15 - 04 - 2014	Print laporan kemajuan	10000	Persiapan monev IPB
17 - 04 - 2014	Print laporan kemajuan dan Logbook	30000	Persiapan monev IPB
18 - 04 - 2014	Print laporan kemajuan dan logbook Print gambar teknik	50000 50000	Monev IPB
26 - 04 - 2014	Transportasi mencari bengkel profesional Sewa bengkel profesional	100000 3000000	Bengkel profesional diperlukan untuk mengerjakan sebagian komponen alat yang tidak bisa dikerjakan oleh sendiri

03 - 05 - 2014	Plat besi 2 mm Poros baja Baja siku	500000 200000 250000	Bahan - bahan yang digunakan untuk membuat komponen alat yang dapat dikerjakan oleh tim
04 - 05 - 2014	Alat bengkel (palu, gergaji besi, tang) Mata gerinda (gerinda potong dan halus) Elektroda las	340000 180000 150000	Bahan - bahan yang digunakan untuk membuat komponen alat yang dapat dikerjakan oleh tim
10 - 05 - 2014	Besi siku Plat essier 2 mm	150000 500000	
14 - 05 - 2014	Transportasi ke bengkel profesional	100000	Pengecekan komponen yang dikerjakan di bengkel profesional
17 - 05 - 2014	Konsumsi tim Transportasi ke bengkel profesional	25000 100000	Pengecekan komponen yang dikerjakan di bengkel profesional
24 - 05 - 2014	Transportasi ke bengkel profesional	100000	Pengecekan komponen yang dikerjakan di bengkel profesional
31 - 05 - 2014	Alat pengencang (kunci pas dan obeng) Cat tahan panas Bearing Seal tip Valve	50000 550000 135000 5000 630000	Bahan - bahan yang digunakan untuk membuat komponen alat yang dapat dikerjakan oleh tim
07 - 06 - 2014	Transportasi ke bengkel profesional	100000	Pengecekan komponen yang dikerjakan di bengkel profesional dan assembly komponen yang telah dikerjakan sendiri dan di bengkel profesional. Finishing alat
12 - 06 - 2014	Transportasi ke mitra	50000	Menginformasikan kepada mitra bahwa alat telah selesai dan siap untuk diimplementasikan kepada mitra
14 - 06 - 2014	Sewa mobil pick up	100000	Implementasi alat kepada mitra
15 - 06 - 2014	Transportasi ke mitra	100000	Demonstrasi alat dan uji fungsional kepada mitra
20 - 06 - 2014	Transportasi ke mitra Konsumsi ke mitra	50000 200000	Uji kinerja alat
21 - 06 - 2014	Konsumsi ke mitra Transportasi ke mitra	200000 50000	Uji kinerja alat
22 - 06 - 2014	Makan bersama mitra Transportasi ke mitra	500000 100000	

25 - 06 - 2014	Sewa lab uji karakteristik dan alat	850000	
27 - 06 - 2014	Print hasil perhitungan uji kinerja	30000	Menginformasikan kepada dosen pembimbing PKM-T hasil uji kinerja
28 - 06 - 2014	Konsumsi tim	25000	Olah data perhitungan uji kinerja
29 - 06 - 2014	Konsumsi tim	25000	Olah data perhitungan uji kinerja
01 - 07 - 2014	Print Laporan Kemajuan dan Logbook	25000	Persiapan monev DIKTI
04 - 07 - 2014	Print gambar teknik Print Laporan Kemajuan dan Logbook	25000 25000	Persiapan monev DIKTI
08 - 07 - 2014	Konsumsi tim	50000	Persiapan monev DIKTI pembuatan slide presentasi
12 - 07 - 2014	Print slide Print gambar teknik Print Laporan Kemajuan dan Logbook	25000 50000 50000	Monev DIKTI
15 - 07 - 2014	Konsumsi tim	25000	Pembuatan laporan akhir PKM
16 - 07 - 2014	Konsumsi tim	50000	Pembuatan laporan akhir PKM
17 - 07 - 2014	Konsumsi tim	50000	Pembuatan laporan akhir PKM
22 - 07 - 2014	Print Gambar teknik Print laporan kemajuan dan logbook	50000 50000	Pengesahan laporan akhir kepada dosen pembimbing PKM-T
Total Pengeluaran		10500000	

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Program Kreativitas Mahasiswa - Bidang Teknologi ini sudah diterapkan di mitra sejak 5 Juli 2014 hingga sekarang. Mitra sudah menggunakan kiln yang dibuat oleh Tim PKM sebagai alat penunjang produksi, mitra menggunakan alat yang dibuat oleh tim hingga kapasitas 80 kg.

Selain itu Tim PKM juga telah melakukan observasi terhadap uji kinerja terhadap alat yang dibuat sebanyak 2 kali pengujian, dari uji kinerja yang telah dilakukan didapat jumlah arang sebanyak 25 kg dari 60 kg tempurung kelapa yang digunakan untuk percobaan. Dari uji kinerja tersebut didapat 3 kg tempurung kelapa yang belum masak atau yang belum menjadi arang. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa rendemen dari kiln yang dibuat adalah sebesar 41.6% dan presentase tempurung kelapa yang belum menjadi arang adalah sebesar 5%. Hasil ini jauh lebih besar dari drum yang digunakan oleh mitra yaitu sebesar 16.8 kg untuk arang yang

dihasilkan dari 60 kg tempurung kelapa yang digunakan pada percobaan atau rendemen yang dihasilkan dari drum yang digunakan oleh mitra adalah sebesar 28%. Tidak hanya itu dari drum yang digunakan pada mitra juga didapat tempurung kelapa yang belum masak menjadi arang sebesar 6.2 kg atau sebesar 10.3%.

Selain itu dari uji kinerja sebaran suhu yang dilakukan, suhu dipermukaan tanah berkisar 33°C hal ini sangat jauh disbanding dengan drum yang digunakan mitra yaitu berkisar 150 °C - 250 °C. Hal ini sangat membantu untuk mengurangi pemanasan langsung terhadap tanah yang dapat merusak laju infiltrasi tanah dan densitas dari tanah.

Asap yang ditangkap dari hasil uji kinerja kiln didapat jumlah asap cair sebesar 6.2 L. Namun pada pengujian kinerja terdapat perbedaan waktu kerja produksi, untuk kiln yang dibuat membutuhkan waktu kerja produksi sebesar 9.5 jam kerja, namun pada drum yang dimiliki oleh mitra hanya membutuhkan waktu sebesar 8 jam kerja. Hal ini dikarenakan laju pembakaran yang kurang sempurna dan perlu ditambahkan beberapa lubang lagi untuk mempercepat laju pembakaran di dalam kiln.



Gambar 13 Uji kinerja Dengan Sebaran Suhu Kiln

Analisis Ekonomi Alat (*Gurza Furnace*)

Analisis ekonomi sangat diperlukan untuk melihat reliabilitas dari alat yang dirancang dan bertujuan untuk membandingkan alat dari segi ekonomi antara alat yang dirancang oleh tim PKM dengan alat yang digunakan oleh mitra sebelumnya (drum). Dengan analisis ekonomi dapat diketahui besar keuntungan yang didapat dari penerapan alat yang telah di implementasikan kepada mitra. Berikut ini adalah analisis ekonomi dari *Gurza Furnace*:

- waktu kerja : 350 hari/tahun
- jumlah pengarang untuk 1 alat/hari: 1 pengarangan/hari
- harga bahan baku : 1000 rupiah/kg

- harga produk : 5000 rupiah/kg

Teknologi mitra (drum bekas 0.8 mm)

Kiln = 100000 rupiah/2minggu

Rendemen = 28.00%

Kapasitas = 50 kg

harga produk = 5000 rupiah/kg

hasil pengarangan = 14 kg/pengarangan

Fixed Cost	harga awal (Rp)	keterangan	total (Rp/tahun)	total (Rp/hari)
Penyusutan nilai ekonomi kiln	100000	umur pakai 2 minggu	240000	7142.857143

Variable Cost	harga (Rp/kg)	jumlah (kg/hari)	total (Rp/hari)
bahan baku	1000	50	50000

Jumlah penjualan (Rp/hari) = 70000.0

Biaya total (Rp/hari) = 57142.8

Keuntungan (Rp/hari) = 12857.2

BEP = Total *fixed cost* / keuntungan = 186.6 hari produksi
= 187 hari produksi

Gursa Furnace

Kiln = 3000000 rupiah/tahun

Rendemen = 48.10%

Kapasitas = 70 kg/pengarangan

harga produk = 5000 rupiah/kg

hasil pengarangan = 33.67 kg/pengarangan

Fixed Cost	harga awal (Rp)	keterangan	total (Rp/tahun)	total (Rp/hari)
Penyusutan nilai ekonomi kiln	3000000	umur pakai 12 bulan (350 hari produksi)	3000000	8571.4

Variable Cost	harga (Rp/kg)	jumlah (kg/hari)	total (Rp/hari)
bahan baku	1000	70	70000

Jumlah penjualan (Rp/hari)	=	168350.0
Biaya total (Rp/hari)	=	78571.4
Keuntungan (Rp/hari)	=	89778.6

$$\text{BEP} = \text{Total fixed cost} / \text{keuntungan} = 33.4 \text{ hari produksi}$$

$$= 34 \text{ hari produksi}$$

Dari perbandingan BEP (Break Event Point)/titik impas, alat yang digunakan oleh mitra (drum) memiliki nilai titik impas pada hari ke - 187 produksi sedangkan alat yang dibuat oleh tim yang telah diterapkan kepada mitra memiliki titik impas pada hari ke - 34. Dengan perbedaan waktu titik impas yang sangat jauh tersebut, alat yang dibuat oleh tim jauh lebih memiliki keuntungan yang sangat signifikan, karena di hari ke - 35 produksi mitra sudah mampu memperoleh keuntungan dengan menggunakan alat yang telah dibuat oleh tim.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Alat yang telah dibuat oleh tim (Kiln Gurza Furnace) bekerja dengan baik dan telah diimplementasikan kepada mitra. Alat tersebut mampu menghasilkan arang dengan rendemen rata-rata 41.28% dari pengujian 60 kg, hasil tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan alat mitra sebelumnya (drum bekas) yang hanya mampu menghasilkan rendemen sebesar 28%. Selain itu alat yang dibuat juga mampu mengkonversi asap yang dihasilkan selama proses pirolisis dalam kiln menjadi asap cair. Asap yang dihasilkan rata-rata sebesar 6.2 L selama 9.5 jam proses produksi.

Dari hasil analisis ekonomi alat yang telah dibuat oleh tim memiliki nilai ekonomis yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan alat yang sebelumnya digunakan oleh mitra (drum bekas), hal ini dapat dilihat dari nilai titik impas yang dimiliki oleh alat yang telah dibuat oleh tim sebesar 34 hari kerja sedangkan alat yang digunakan oleh mitra memiliki nilai titik impas pada hari ke -187. Perbandingan waktu titik impas yang sangat signifikan ini membuat pemakain alat yang dibuat oleh tim jauh lebih menguntungkan dibandingkan dengan memakai drum bekas.

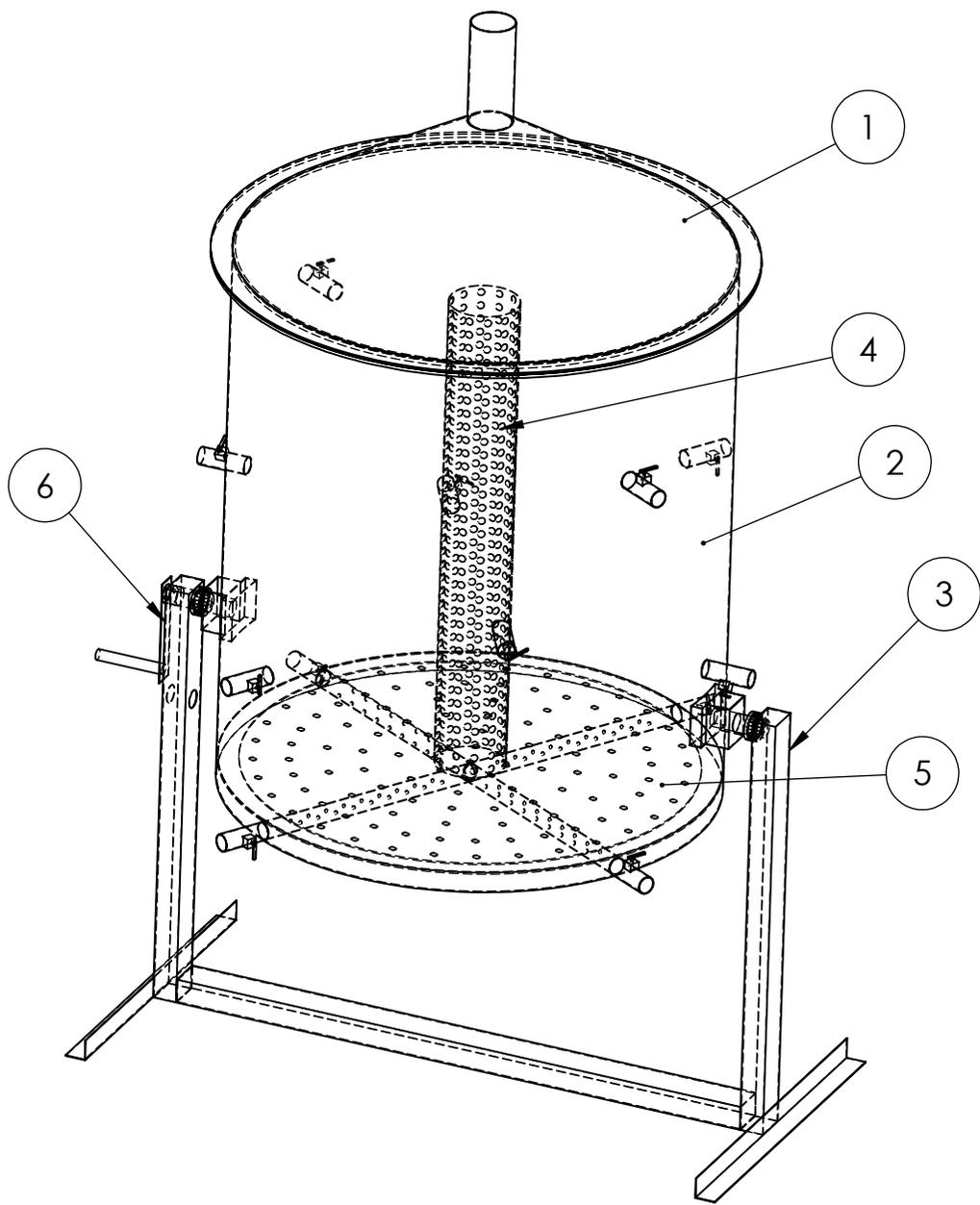
Saran

Perlu adanya penambahan lubang udara untuk mempercepat waktu produksi dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap alat dan kondenser alat sehingga rendemen yang dihasilkan lebih tinggi dan kondenser mampu menangkap asap lebih banyak lagi.

BAB V. DAFTAR PUSTAKA

- Agustina Sri Endah. 2012. Pyrolysis. Slide mata kuliah Energi dan Elektrifikasi Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Agustina, S. Endah. 2006. Peran Sektor Pertanian dalam Program “Energy Security” di Indonesia. Jakarta.
- Hasanah, Nurul .2013. Rancangan Dan Uji Kinerja Kiln Metal Tipe Venturi Drum Untuk Pengarangan Tempurung Kelapa. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB.

LAMPIRAN

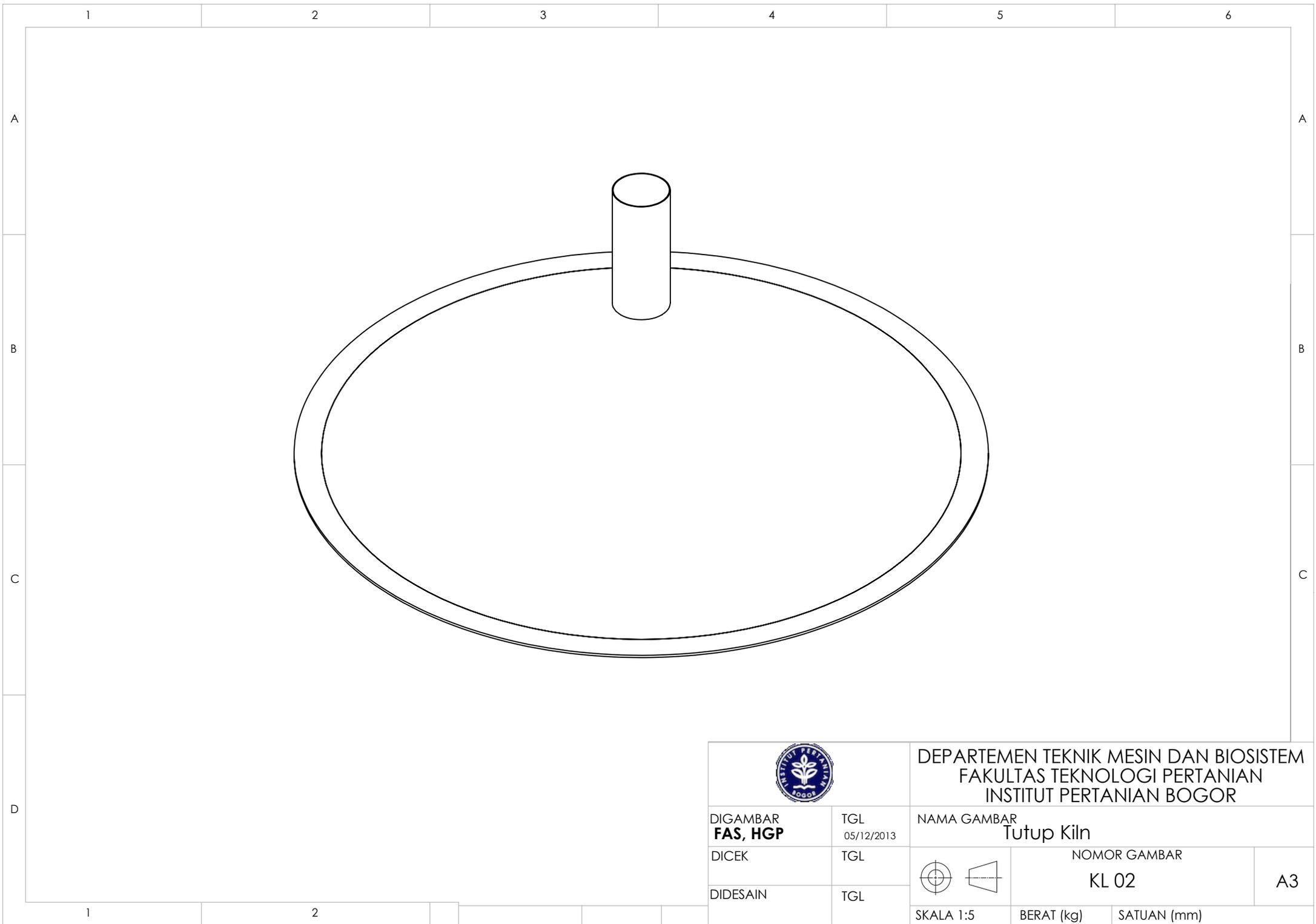


6	mekanisme engkol	
5	alas kiln	
4	pipa kaca	
3	penyangga	
2	rangka utama	
1	tutup kiln	
No	Nama	Keterangan



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
 FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR FAS, HGP	TGL 05/05/2014	NAMA GAMBAR Gurza Furnace	
DICEK	TGL	NOMOR GAMBAR KL 01	
DIDESAIN	TGL		A3
	SKALA 1:10	BERAT (kg)	SATUAN (mm)



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
 FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR FAS, HGP	TGL 05/12/2013
DICEK	TGL
DIDESAIN	TGL

NAMA GAMBAR Tutup Kiln	
	NOMOR GAMBAR KL 02
SKALA 1:5	BERAT (kg) SATUAN (mm)

A3

1 2 3 4 5 6

A

A

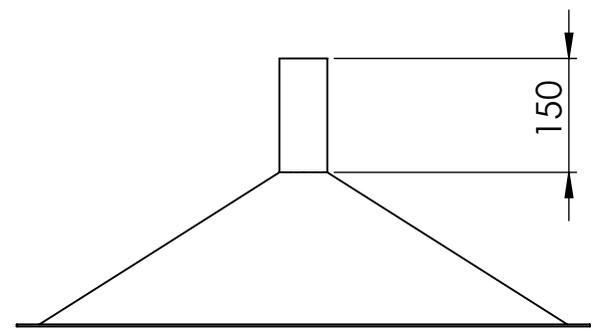
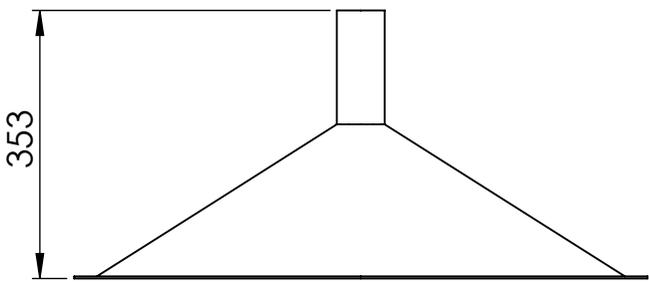
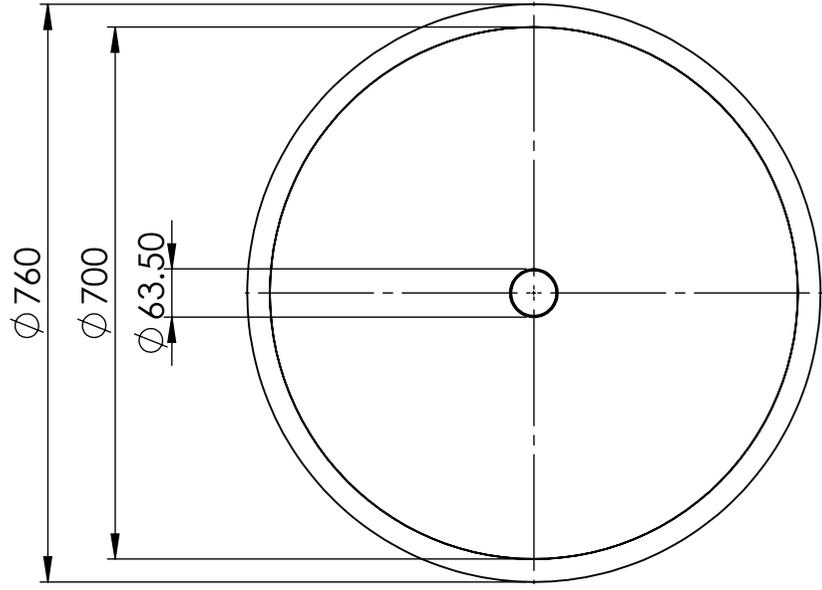
B

B

C

C

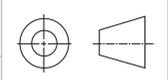
D



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
 FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR
FAS, HGP
 DICEK
 DIDESAIN

TGL
 05/05/2014
 NAMA GAMBAR
orthogonal tutup kiln
 TGL
 NOMOR GAMBAR
KL 03
 TGL



A3

1 2 3 4 5 6

SKALA 1:10 BERAT (kg) SATUAN (mm)

1

2

3

4

5

6

A

A

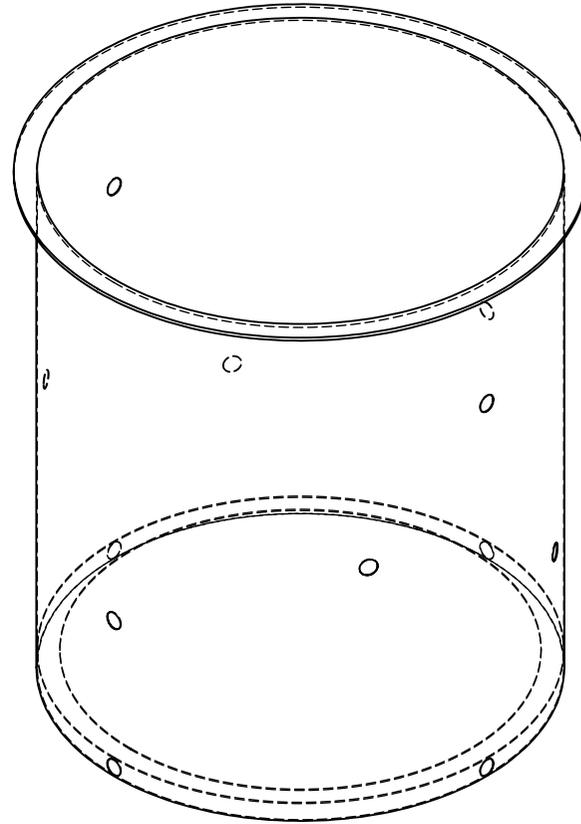
B

B

C

C

D



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
 FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR
FAS, HGP

TGL
 05/05/2014

NAMA GAMBAR
Rangka Utama

DICEK

TGL



NOMOR GAMBAR

KL 04

A3

DIDESAIN

TGL

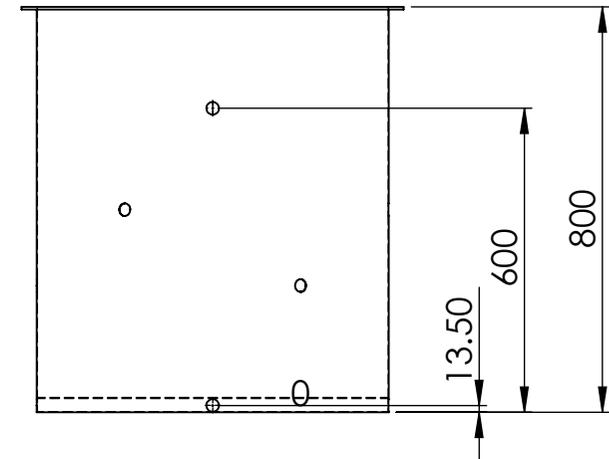
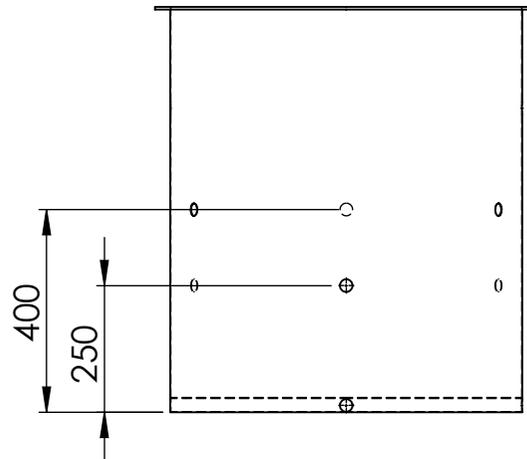
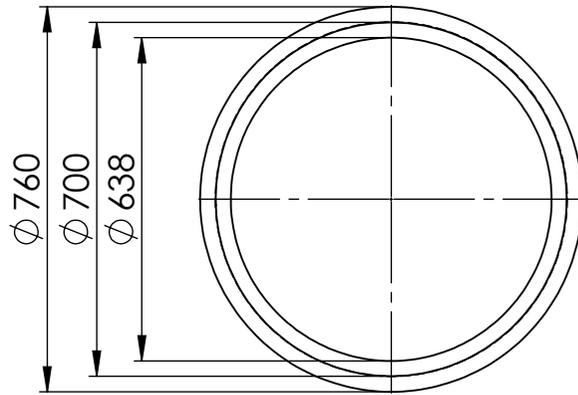
SKALA 1:10

BERAT (kg)

SATUAN (mm)

1

2



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
 FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR
FAS, HGP

TGL
 05/05/2015

NAMA GAMBAR
Rangka Utama

DICEK

TGL

NOMOR GAMBAR



KL 05

A3

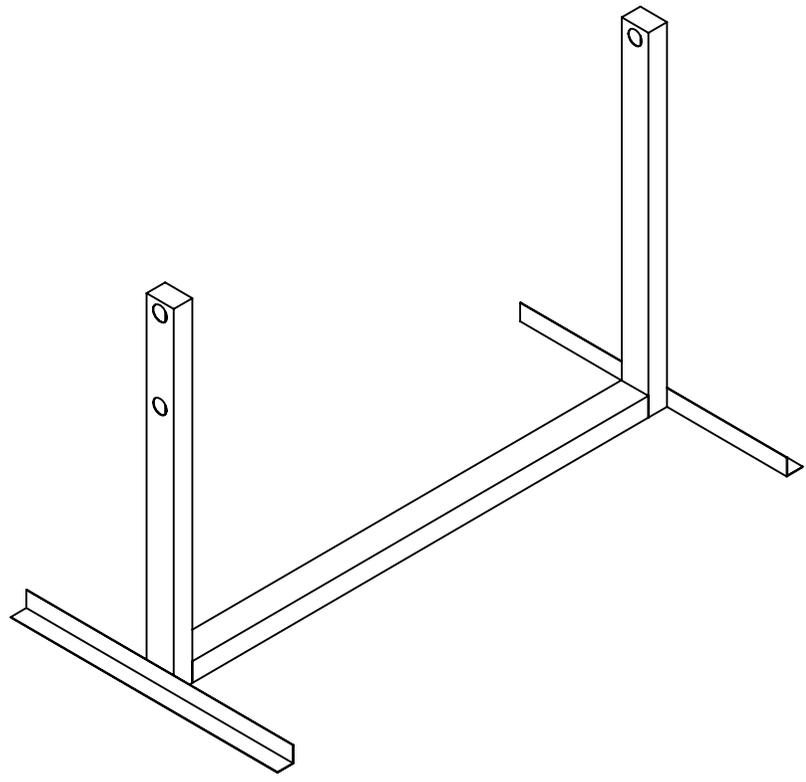
DIDESAIN

TGL

SKALA 1:15

BERAT (kg)

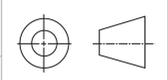
SATUAN (mm)



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
 FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 INSTITUT PERTANIAN BOGOR

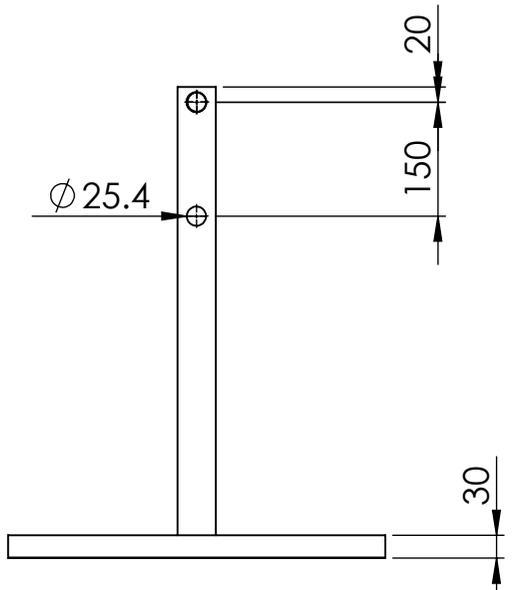
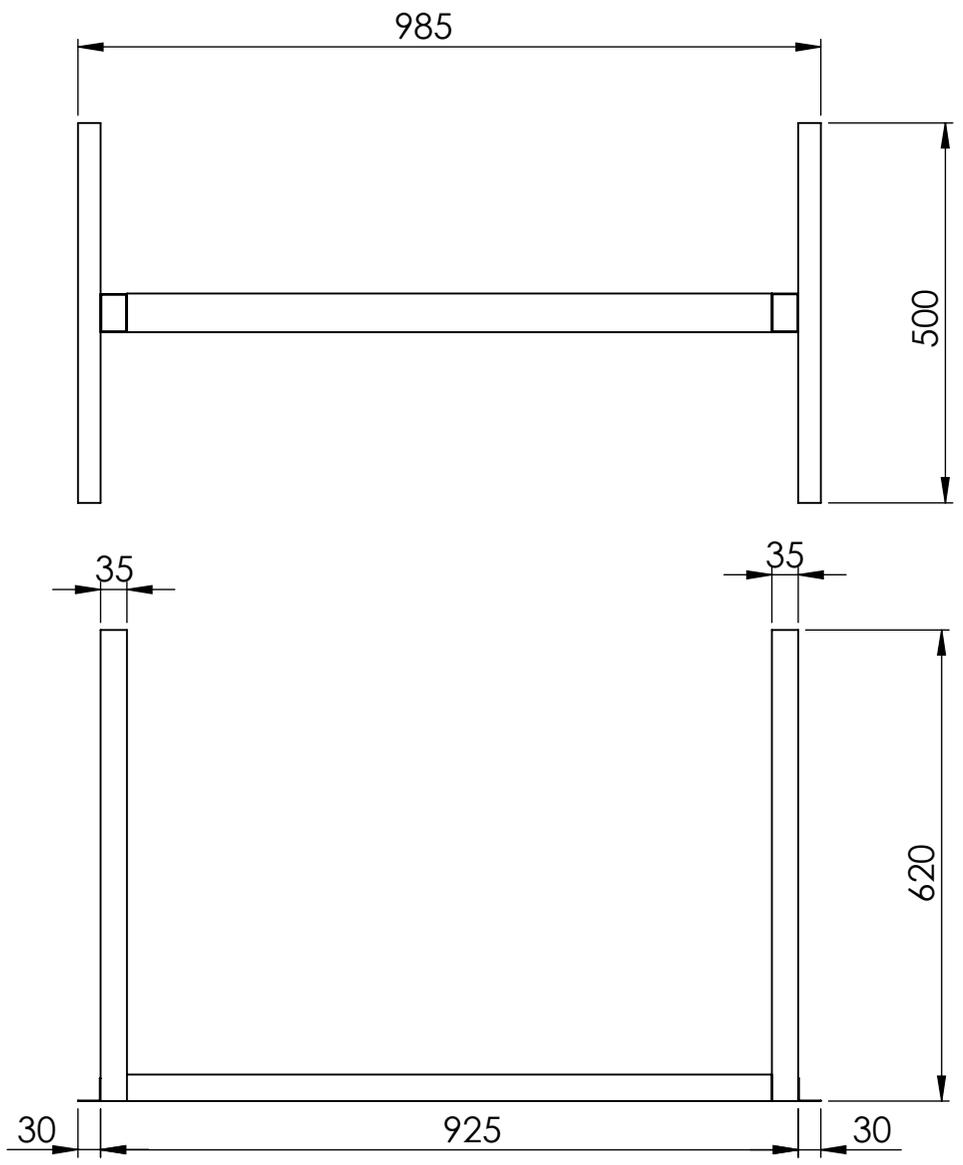
DIGAMBAR
FAS, HGP
 DICEK
 DIDESAIN

TGL
 05/05/2014
 NAMA GAMBAR
Penyangga
 TGL
 TGL



NOMOR GAMBAR
KL 06
 A3

SKALA 1:10 BERAT (kg) SATUAN (mm)

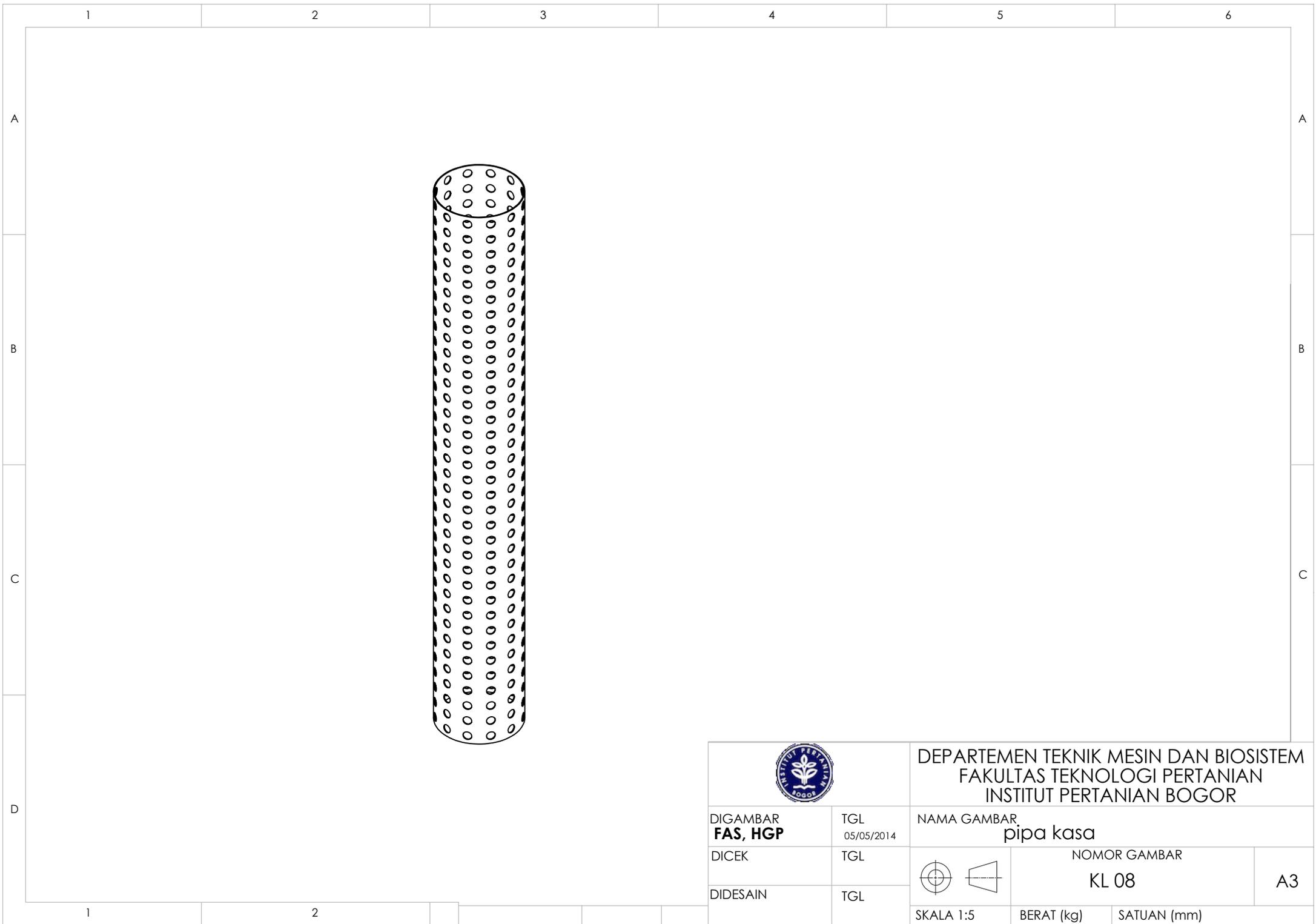


DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
 FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR
FAS, HGP
 DICEK
 DIDESAIN

TGL
 05/05/2014
 NAMA GAMBAR
Orthogonal Penyangga
 NOMOR GAMBAR
KL 07
 A3

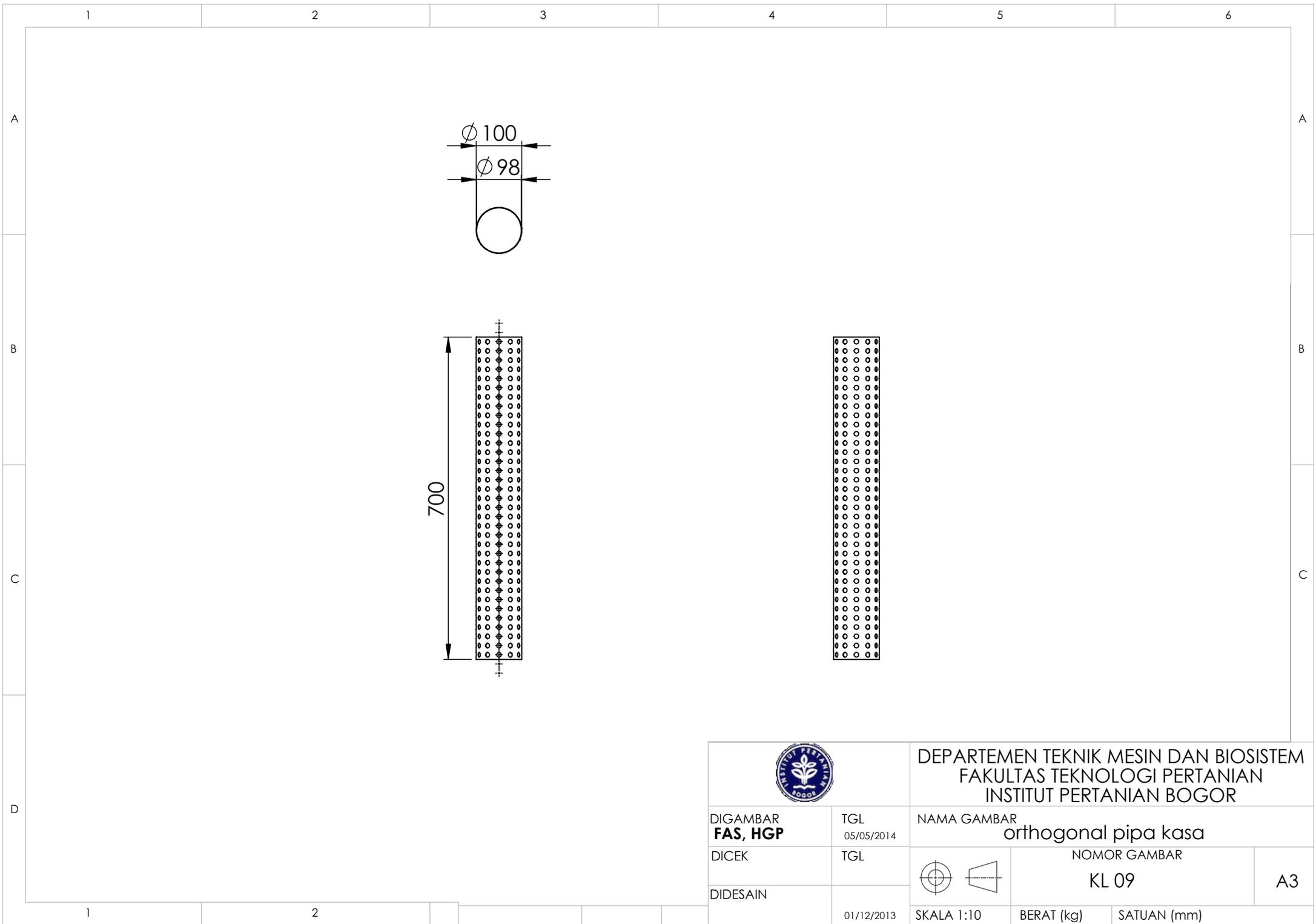
SKALA 1:10
 BERAT (kg)
 SATUAN (mm)



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
 FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR FAS, HGP	TGL 05/05/2014
DICEK	TGL
DIDESAIN	TGL

NAMA GAMBAR pipa kasa	
	NOMOR GAMBAR KL 08
	A3
SKALA 1:5	BERAT (kg) SATUAN (mm)

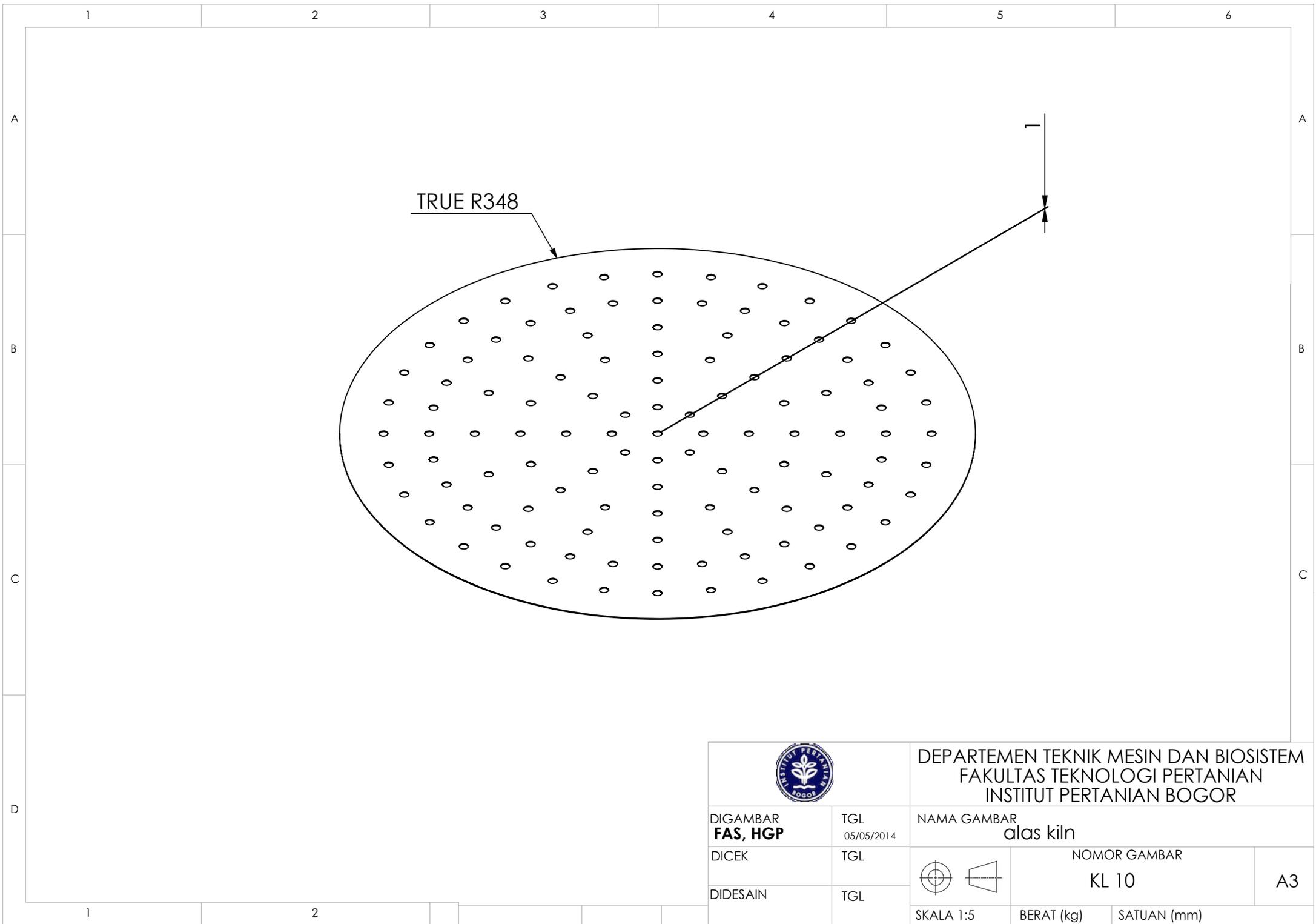


DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
 FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR FAS, HGP	TGL 05/05/2014
DICEK	TGL
DIDESAIN	01/12/2013

NAMA GAMBAR orthogonal pipa kasa	
NOMOR GAMBAR KL 09	
SKALA 1:10	BERAT (kg) SATUAN (mm)

A3

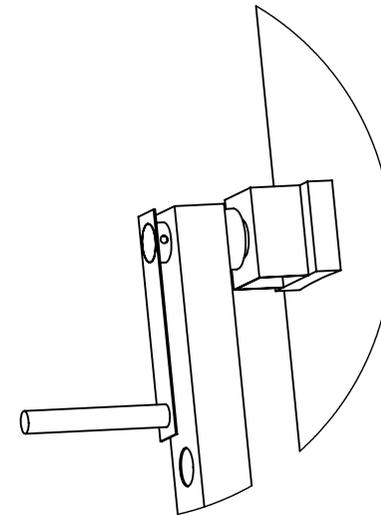
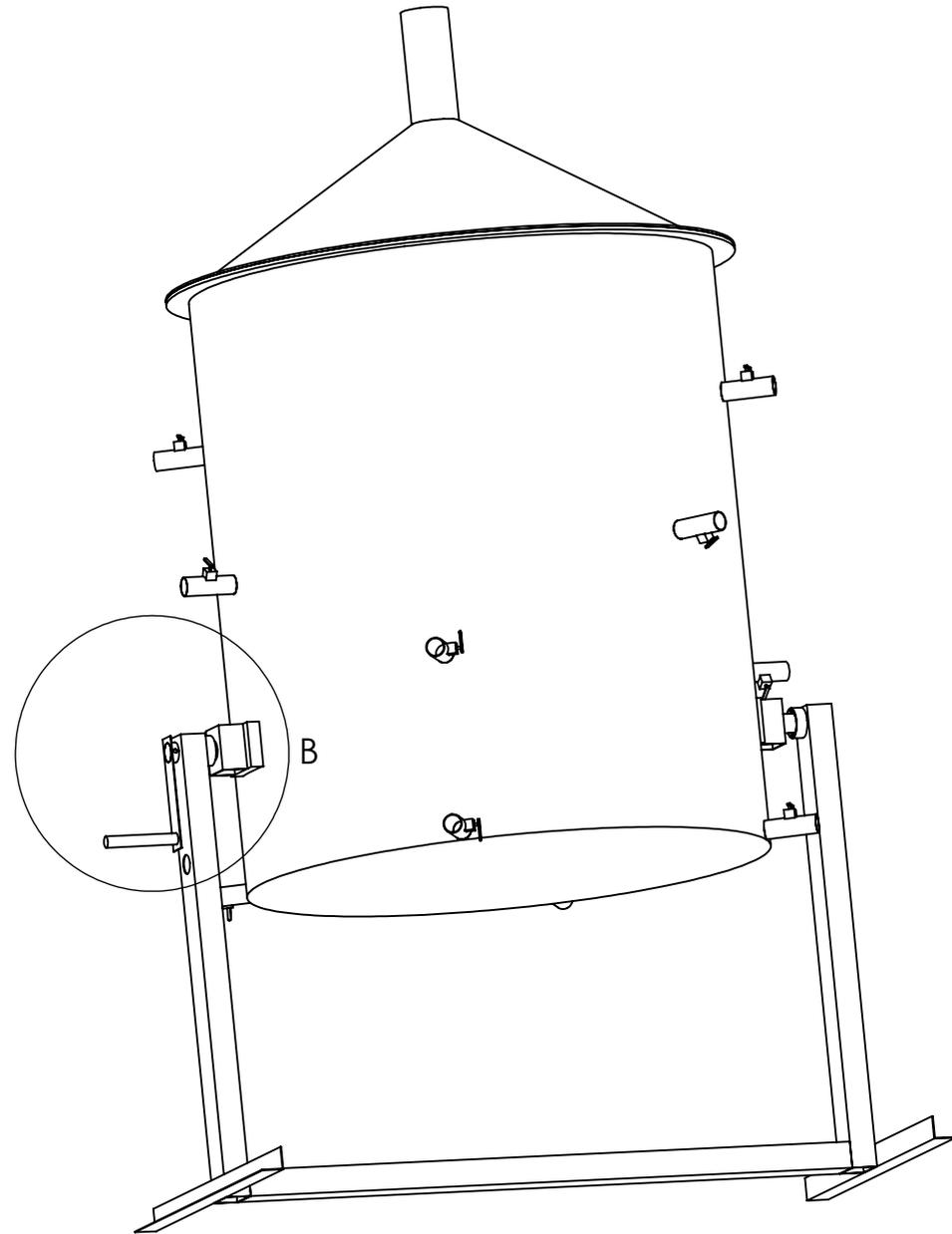


DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
 FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR FAS, HGP	TGL 05/05/2014
DICEK	TGL
DIDESAIN	TGL

NAMA GAMBAR alas kiln	
NOMOR GAMBAR KL 10	
SKALA 1:5	BERAT (kg) SATUAN (mm)

A3



DETAIL B
SCALE 1 : 5



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR
FAS, HGP

TGL
05/05/2014

NAMA GAMBAR
gambar detail mekanisme engkol

DICEK

TGL

NOMOR GAMBAR

DIDESAIN
TGL
01/12/2013



KL 11

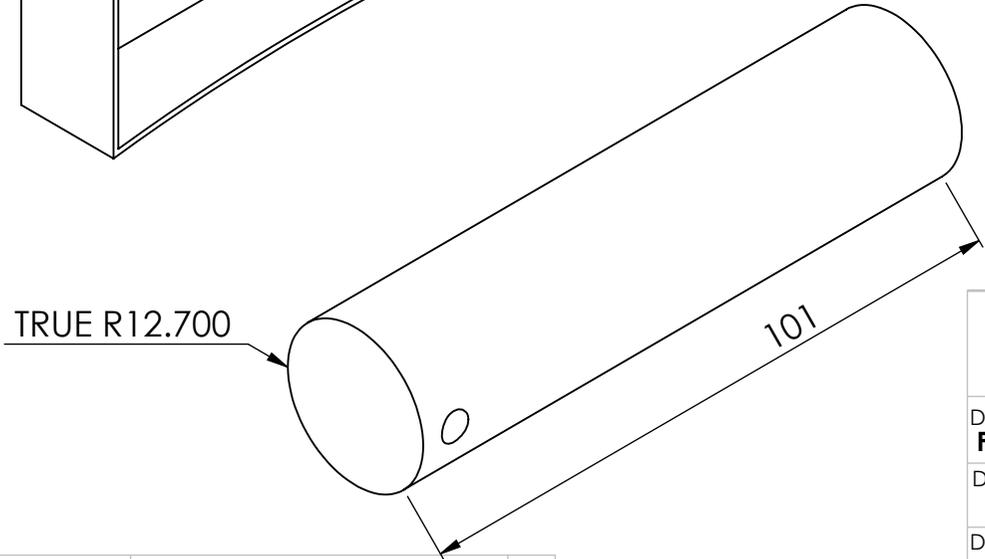
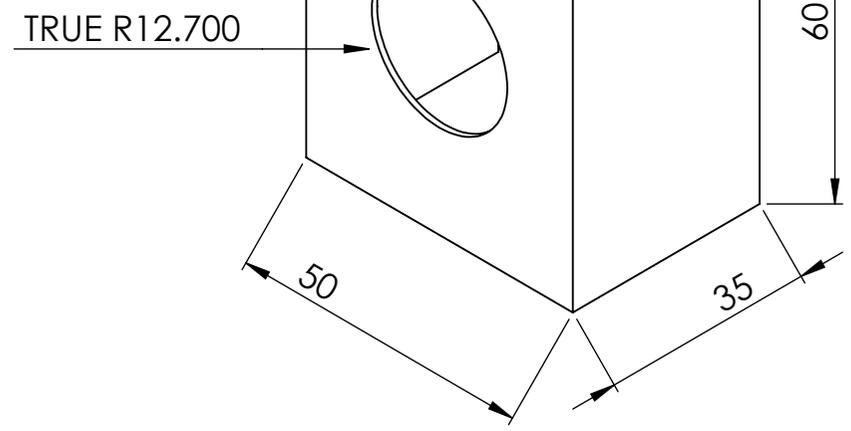
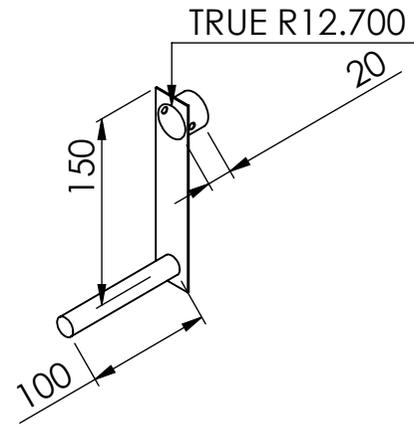
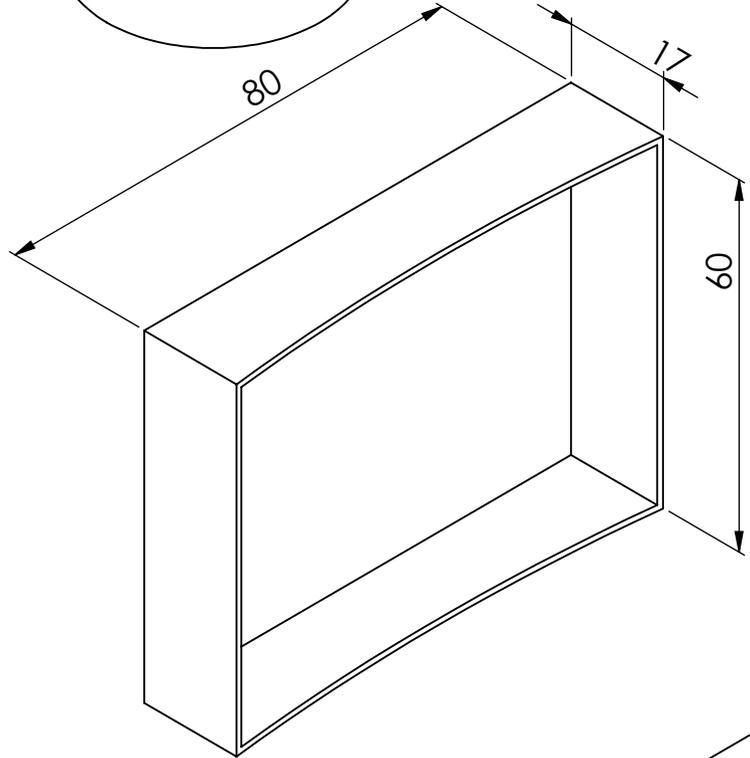
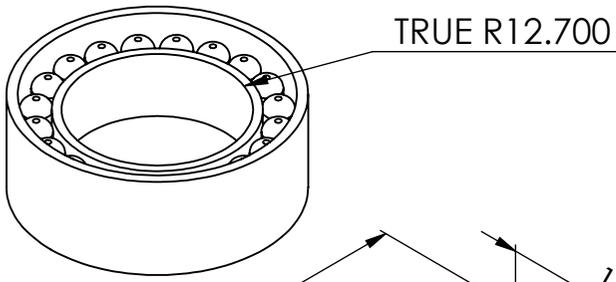
A3

SKALA 1:10 BERAT (kg) SATUAN (mm)

1 2 3 4 5 6

A
B
C
D

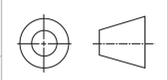
A
B
C



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

DIGAMBAR
FAS, HGP
DICEK
DIDESAIN

NAMA GAMBAR
bagian engkol
TGL
05/05/2014
TGL
TGL
NOMOR GAMBAR
KL 12
A3



SKALA 1:1 BERAT (kg) SATUAN (mm)

1 2