BAB 4
METODE PENELITIAN

Untuk menghasilkan kanvas rem komposit dengan pengisi limbah kelapa sawit makan tim akan melakukan serangkaian kegiatan penelitian yang akan berlangsung secara multi tahun (tiga tahun). Peta jalan kegiatan dari Tahun 1, 2, dan 3 dapat dipresentasikan secara sistematis pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Peta Jalan Kegiatan Penelitian

AWAL	**PROSES**			**AKHIR**
1. Limbah kelapa sawit, seperti terak tandan kosong kelapa sawit yang melimpah. 2. Ketidakseimbangan perluasan perkebunan rakyat terhadap industri pengolahan produk turunan kelapa sawit. 3. Material komposit bahan pengisi limbah kelapa sawit kuat dan daya tahan yang lama belum dikembangkan. 4. Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai bahan pengisi kanvas rem belum ada. 5. Penelitian dalam bidang komposit bahan pengisi limbah kelapa sawit sebagai bahan kanvas rem masih terbatas.	**TAHUN KEGIATAN**			**Produk**: 1. Material baru komposit dengan bahan pengisi limbah kelapa sawit yang kuat dan daya tahan yang lama. 2. Kanvas rem bahan komposit dengan pengisi limbah kelapa sawit. 3. Paten: teknologi pembuatan kanvas rem model baru. 4. Paper ilimiah berskala nasional dan internasional 5. Minimal tiga orang mahasiswa memperoleh gelar Sarjana Teknik dari kegiatan penelitian ini.
	1	**2**	**3**	

Pada Bab 1 telah disampaikan bahwa kerusakan pada sistem pengereman sering menyebabkan kecelakaan lalu lintas. Kerusakan ini biasanya disebabkan oleh kondisi kanvas rem yang cepat aus. Daya tahan yang pendek secara teknis karena spesifikasi sebagaimana telah ditetapkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) belum sepenuhnya dipenuhi oleh produsen, bahkan tidak sedikit ditemukan beredarnya kanvas rem merek palsu.

Untuk memperbaiki kekurangan ini Laboratorium Konstruksi dan Perancangan Universitas Riau bekerja sama dengan salah satu unit UKM, CV. Sispra Jaya Logam

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

akan mengkaji pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai bahan pengisi kanvas rem. Dengan serangkaian kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian Hibah Bersaing multi tahun, secara umum tujuan yang akan dicapai adalah pemanfaatan limbah kelapa sawit untuk pembuatan kanvas rem yang kuat, tahan aus, ramah lingkungan, mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, dan lahirnya teknologi baru pembuatan kanvas rem yang dapat digunakan oleh dunia ilmiah dan industri.

Untuk mengatasi dan memperbaiki berbagai kekurangan yang masih diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya, dalam usulan penelitian Hibah Bersaing ini, tim akan melakukan beberapa terobosan sebagai berikut:

1. Menggunakan teknologi pembuatan bahan komposit dengan pengiisi limbah kelapa sawit yang dicampur dengan bahan aditif lain, yaitu: grafit, serat baja, alumina, dan *phenolic resin*. Metode pembuatan komposit bahan pengisi limbah kelapa sawit yang potensi dapat dijadikan sebagai masukan untuk paten.
2. Beberapa komponen pendukung kanvas rem akan dibuat dan dirakit di CV. Sispra Jaya Logam (mitra penelitian). Kanvas rem dari bahan limbah kelapa sawit lebih ramah lingkungan, kuat, ketahan aus yang baik, dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi.
3. Menerapkan teknologi pembuatan kanvas rem bahan komposit dengan pengisi limbah kelapa sawit bagi UKM sehingga produk lokal dapat bersaing dengan produk luar.

Untuk implementasi rencana di atas tim melaksanakan kegiatan dengan sistematika sebagai berikut:

1. Tahun 1: membuat pelat komposit bahan pengisi teraklimbah tandan kosong kelapa sawit yang dicampur dengan bahan aditif lain, yaitu: grafit, serat baja, alumina, dan *phenolic resin*. Pelat ini diuji kekuatan tekan dan laju keausannya. Diharapkan komposit dengan kekuatan tekan dan laju keausan memenuhi kriteria desain bahan kanvas rem. Pada tahap ini juga dibangun beberapa fasilitas pembuatan pelat komposit bahan pengisi limbah kelapa sawit. Desain dan pembuatan kanvas rem dilaksanakan pada Tahun 1.
2. Tahun 2: lanjutan desain dan pembuatan kanvas rem. Kanvas rem akan diuji dilaboratorium disimulasikan menggunakan analisa elemen hingga.
3. Tahun 3: membuat standarisasi proses pembuatan kanvas rem cakram untuk produk HKI dan produksi komersial (manfaat bisnis untuk UKM).

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

4.1. Luaran Kegiatan (yang Ditargetkan)

Luaran dari penelitian Hibah Bersaing yang diusulkan ini dapat dibagi dalam tiga tahap, seperti dalam Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4.

Tabel 4.2. Luaran Penelitian Tahun 1

Tahun 1 (2015)	Luaran
Pada Tahun 1 tim membuat pelat komposit dengan pengisi limbah kelapa sawit (terak limbah tandan kosong kelapa sawit). Pelat ini diuji kekuatan tekan, laju keausan, dan pengamatan terhadap struktur mikro permukaannnya. Desain dan produksi model kanvas rem.	1. Pelat komposit dengan pengisi terak limbah tandan kosong kelapa sawit berbagai jenis dapat diperoleh. 2. Pada tahap ini juga dibangun beberapa fasilitas pembuatan pelat komposit dengan pengisi terak limbah tandan kosong kelapa sawit dan bahan lainnya sebagai bahan baku kanvas rem cakram. 3. Diharapkan juga minimal dua orang mahasiswa dari Program Studi Teknik Mesin UR dapat dihasilkan dari kegiatan penelitian Tahun1. 4. Publikasi ilmiah pada seminar internasional 2nd*International Conference on Ocean, Mechanical and Aerospace –scientists and engineers*- (OMAse) 2015 dan *International Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace –scientists and engineers*-.

Tabel 4.3. Luaran Penelitian Tahun 2

Tahun 2 (2016)	Luaran
Pada Tahun 2 tim mendesain dan membuat kanvas rem bahan komposit dengan pengisi limbah kelapa sawit. Kanvas rem akan diuji laboratorium dan disimulasikan dengan analisis elemen hingga. Tim menyusun standarisasi proses pembuatan kanvas rem.	1. Kanvas rem cakram dari bahan komposit dengan pengisi limbah kelapa sawit dapat dihasilkan. 2. Fasilitas alat pembuat kanvas rem dapat dibangun. 3. Hasil simulasi elemen hingga kanvas rem dipresentasikan dalam seminar dan jurnal ilmiah. 4. Standarisasi pembuatan kanvas rem komposit bahan pengisi limbah kelapa sawit.

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

Tabel 4.4. Luaran Penelitian Tahun 3

Tahap 3 (2017)	Luaran
Pada Tahun 3 tim mengajukan standarisasi pembuatan kanvas rem menjadi produk HKI (paten). Tim akan menerapkan teknologi pembuatan kanvas rem bagi UKM (manfaat bisnis).	1. Hak paten untuk proses pembuatan kanvas rem bahan komposit dengan pengisi limbah kelapa sawit. 2. Kanvas rem diproduksi dan dipromosikan untuk pasar lokal.

Beberapa peralatan pendukung untuk produksi pelat komposit bahan kanvas rem cakram sudah tersedia di Laboratorium Teknologi Mekanik Universitas Riau; akan tetapi ada beberapa unit alat tambahan yang dibuat, seperti alat bantu proses kompaksi pelat komposit. Pengujian kekuatan tekan, laju keausan, dan pengamatan struktur mikro menggunakan SEM dilakukan di Sentra Teknologi Polimer, BPPT.

Daftar alat uji dan peralatan pengujian yang dipergunakan diperlihatkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Daftar Alat Uji, Peralatan Produksi, dan Variabel Penelitian

No	Fasilitas/Instrumen	Variabel	Lokasi	Luaran Tahun
	ALAT UJI			
1.	Alat ukur massa (*digital scale*)	Massa komposisi bahan komposit	Lab. Pengujian Bahan, UR	1,2
2.	SEM	Keausan permukaan pelat komposit	STP Serpong	1,2,3
3.	*Universal testing machine*	Kekuatan tekan (*compressive strength*)	Lab. Pengujian Bahan, Politeknik Kampar	1
4.	Ogoshi testing machine	Keausan (*wear test*)	STP Serpong	1,2
	PERALATAN PRODUKSI			
1.	Cetakan spesimen	Pembuatan pelat komposit bahan kanvas rem cakram	Lab. Teknologi Mekanik, UR	1
2.	Cetakan kanvas rem cakram	Pembuatan kanvas rem cakram bahan pengisi terak limbah tandan kosong kelapa sawit	Lab. Teknologi Mekanik, UR	2
3.	Cetakan *metal support*	Pembuatan *metal support* dan produksi kanvas rem cakram	CV Sispra Jaya Logam	2,3
4.	Alat bantu lain	Persiapan spesimen pelat komposit bahan kanvas rem	Lab. Teknologi Mekanik, UR	1,2,3

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

4.2. Metode Penelitian Tahun 1

4.2.1. Bahan-bahan komposit kanvas rem pengisi teraklimbah tandan kosong kelapa sawit

1) Terak limbah tandan kosong kelapa sawit (*palm slag*)

Palm slag merupakan terak hasil pembakaran limbah cangkang dan tandan kosong dalam boiler pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS). *Palm slag* diperoleh dari PKS Sei Galuh. *Palm slag* yang diperoleh dari boiler masih memiliki ukuran yang tidak seragam. Hal inilah yang menuntut agar dilakukan pengayakan agar diperoleh ukuran partikel yang seragam serta mudah mendapatkan campuran homogen saat proses *mixing*. Ayakan yang digunakan untuk mengayak *palm slag* ialah ayakan 50*mesh*.*Palm slag* digunakan sebagai *filler* dalam pembuatan kanvas rem. *Palm slag* dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1.*Palm Slag*

2) *Phenolic resin*

Phenolic resin digunakan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan kanvas rem. Bahan ini bereaksi dan mengikat bahan paduan lainnya saat dipanaskan, yaitu pada temperatur ± 100^0 C. *Phenolic resin* merupakan jenis *polymer thermoset*, yang bila dipanaskan akan mengeras. *Phenolic resin* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Gambar 4.2.*Phenolic resin*

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

3) Alumina

Alumina merupakan salah satu material keramik. Alumina digunakan sebagai bahan anti abrasif pada pembuatan kanvas rem. Kanvas rem yang dibuat dari campuran alumina dapat mengurangi keausan yang terjadi saat proses pengereman. Aluminadapat dilihat pada Gambar 4.3.

Gambar 4.3. Alumina

4) Serbuk Baja

Serbuk baja digunakan sebagai bahan penguat (*reinforcement)* pada kanvas rem. Serbuk baja diperoleh dari sisa gergaji, yang akan diayak untuk mendapatkan ukuran partikel yang homogen. Serbuk bajadapat dilihat pada Gambar 4.4.

Gambar 4.4. Serbuk Baja

5) Grafit

Grafit merupakan salah satu senyawa karbon yang sering digunakan sebagai pelumas. Grafit dapat menjadi bahan pelumas karena dapat mempermudah mampu alir

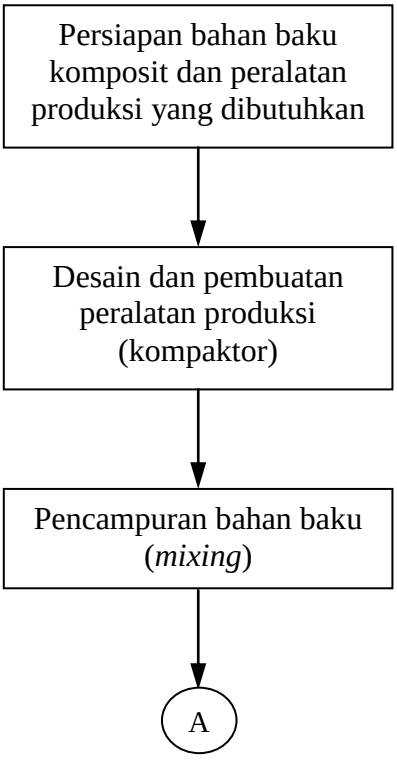
Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

terhadap bahan lainnya saat dalam proses kompaksi pencetakan kanvas rem. Grafitdapat dilihat pada Gambar 4.5.

Gambar 4.5 Grafit

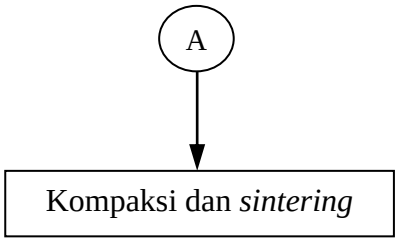
4.2.2. Pembuatan pelat komposit bahan kanvas rem cakram dengan pengisi terak limbah tandan kosong kelapa sawit

Proses pembuatan pelat komposit bahan kanvas rem cakram dengan pengisi terak limbah tandan kosong kelapa sawit melalui beberapa tahap kegiatan. Tahap kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Tahap Kegiatan Pembuatan Pelat Komposit Bahan Kanvas Rem dengan Pengisi Terak Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/



Gambar 4.6. (lanjutan)

4.2.2.1. Persiapan bahan dan peralatan produksi

Pelat komposit terdiri atas bahan pengikat (matriks), bahan pengisi (*filler*), bahan penguat (*reinforce*), pelumas (*lubricant*), dan bahan *abrasive*.Penelitian ini menggunakan *palm slag* sebagai *filler* komposit dalam pembuatan pelat komposit.Pelat komposit divariasikan atas 6 komposisi yang berbeda.Masing-masing komposisi bahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.Bahan penyusun harus memiliki kriteria keseragaman dalam ukuran partikelnya. Penyiapan bahan baku terlebih dahulu melalui proses pengayakan. Hal ini agar terbentuknya keseragaman komposisi paduan secara meratapada proses *mixing*, serta memudahkan distribusi butir saat proses kompaksi. Proses pengayakan *Palm slag* menggunakan ayakan 50*mesh.*

Tabel 4.6. Komposisi Bahan Komposit Kanvas Rem Cakram (Fraksi Volume)

Bahan	Fraksi volume bahan komposit (%vol)					
	1	2	3	4	5	6
Phenolic resin	20	20	20	20	20	20
Serbuk baja	40	20	20	30	20	20
Grafit	10	30	10	10	20	10
Alumina	10	10	30	10	10	20
Palm ash	20	20	20	30	30	30

Massa penyusun komposit ditentukan seperti contoh Komposisi 1 yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.Volume cetakan pelat yang digunakan adalah 100 cm^3.

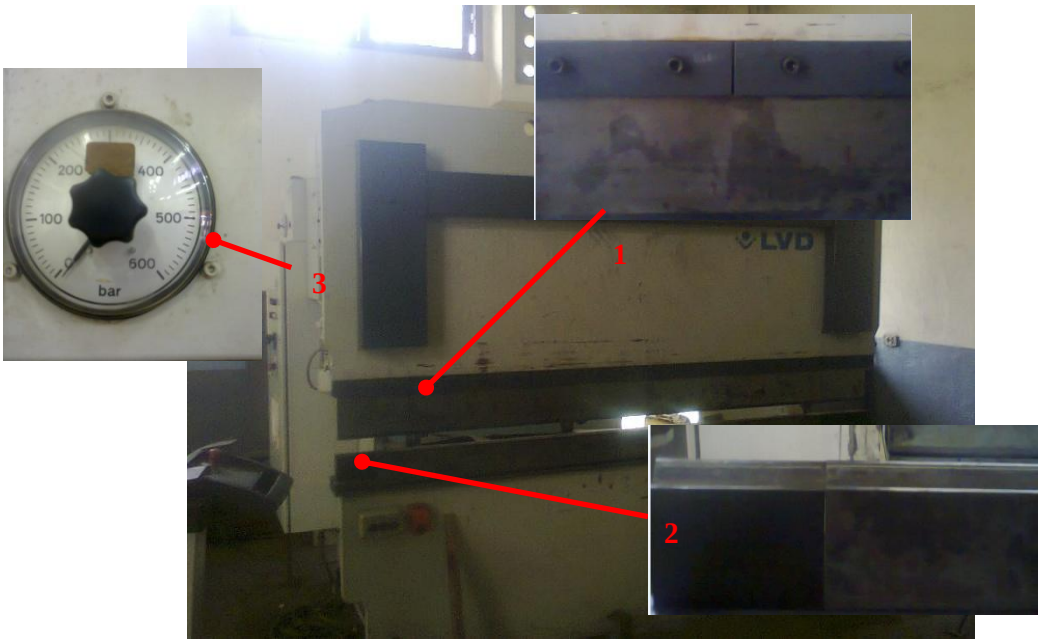
Tabel 4.7.Massa Penyusun (Komposisi 1) Bahan Komposit Kanvas Rem Cakram

Bahan	Massa Jenis, (gr/cm^3)	Fraksi volume, (%)	Volume, (cm^3)	Massa, (gram)
Phenolic resin	1,3	20	20	26,0
Serbuk baja	7,8	40	40	312,0
Serbuk grafit	2,2	10	10	22,0
Serbuk alumina	4	10	10	40,0
Palm ash	2,2	20	20	44,0
Total massa				444,0

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

Beberapa peralatan produksi yang dibutuhkan diperlihatkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8. Proses pencampuran bahan-bahan penyusun komposit kanvas rem dilakukan di dalam wadah yang terdapat pada alat pencampur. Wadah pencampur ini mampu berputar 180 rpm pada dua arah yang berlawanan, searah putaran jarum jam (CW) dan berlawanan arah putaran jarum jam (CCW).Di dasar wadah, terdapat empat *blade* yang berfungsi mempercepat campuran bahan menjadi homogen.Alat pencampur ini dilengkapi dengan *timer control* untuk mengatur waktu pengadukan bahan dan perubahan arah putaran wadah pencampur.

Gambar 4.7. Alat Pencampur (*Mixing*) Bahan Baku Komposit



Keterangan: 1. *punch* penekuk; 2. dudukan V-blok; 2. *pressure gauge*

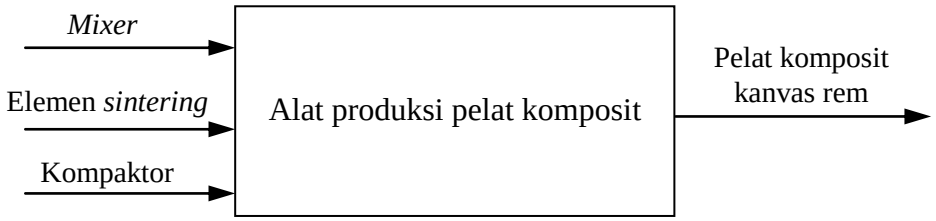
Gambar 4.8. Mesin *Bending*

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

Proses kompaksi dan *sintering* pada tekanan awal 15 MPa dan beban akhir 60 ton diberikan menggunakan bantuan mesin *bending* (*single acting*) yangdiperlihatkan pada Gambar 4.8.

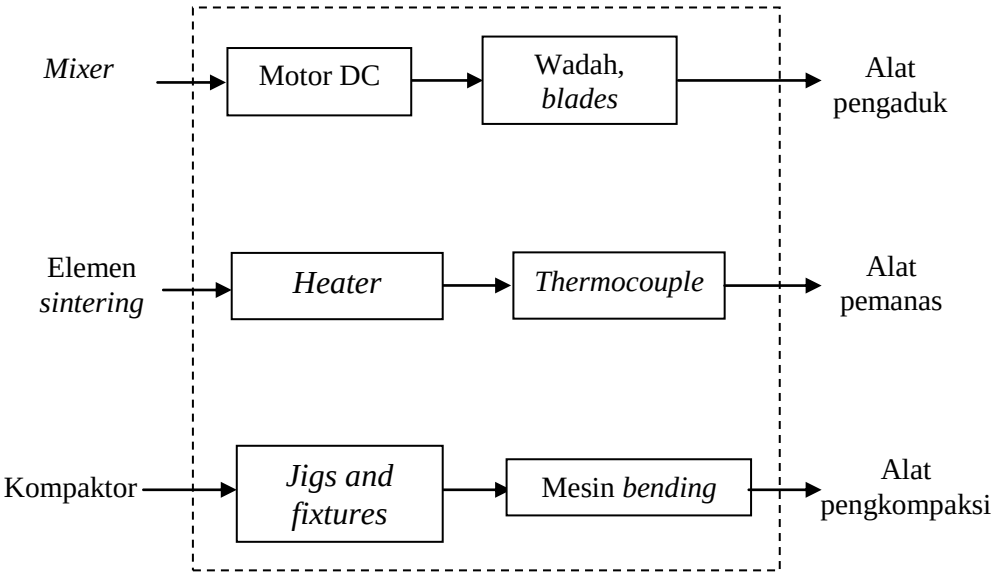
4.2.2.2.Desain dan pembuatan peralatan produksi

Konsep desain peralatan produksi pelat komposit kanvas rem ditampilkan dalam bentuk diagram blok fungsi. Diagram blok fungsi peralatan produksi pelat komposit kanvas rem dengan pengisi terak limbah tandan kosong kelapa sawit ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Blok Fungsi Peralatan Produksi Pelat Komposit

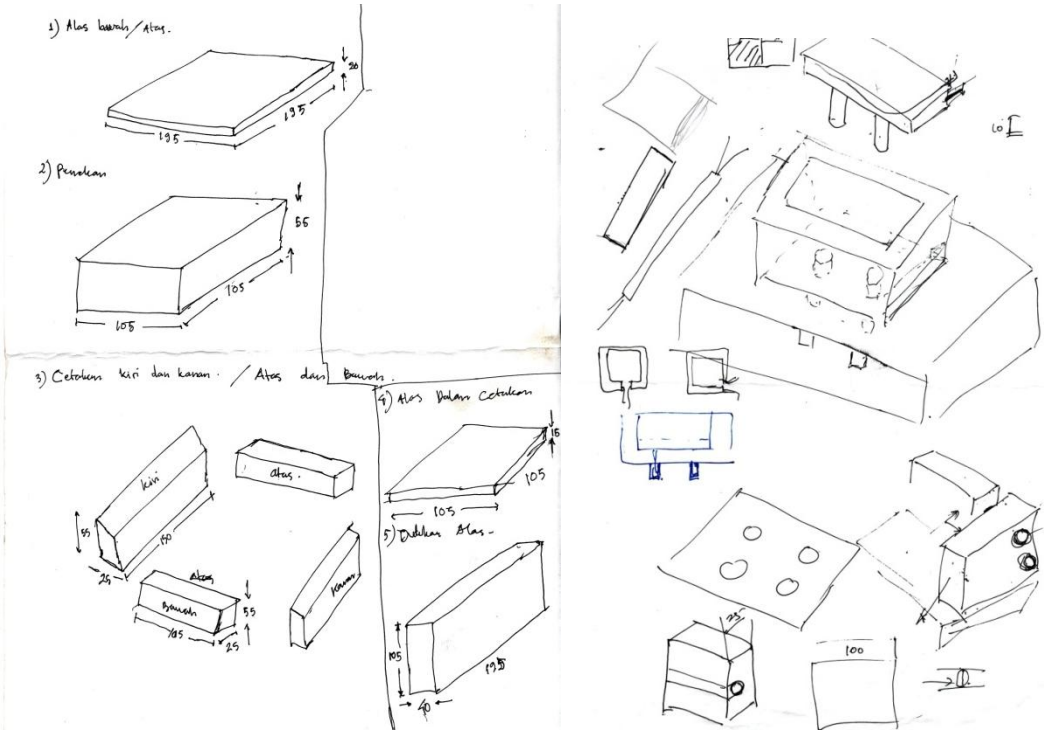
Dari blok fungsi selanjutnya dibuat kinerja setiap elemen melalui diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10.Diagram Blok Fungsi Peralatan Produksi Pelat Komposit Kanvas Rem Cakram dengan Pengsi Terak Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit

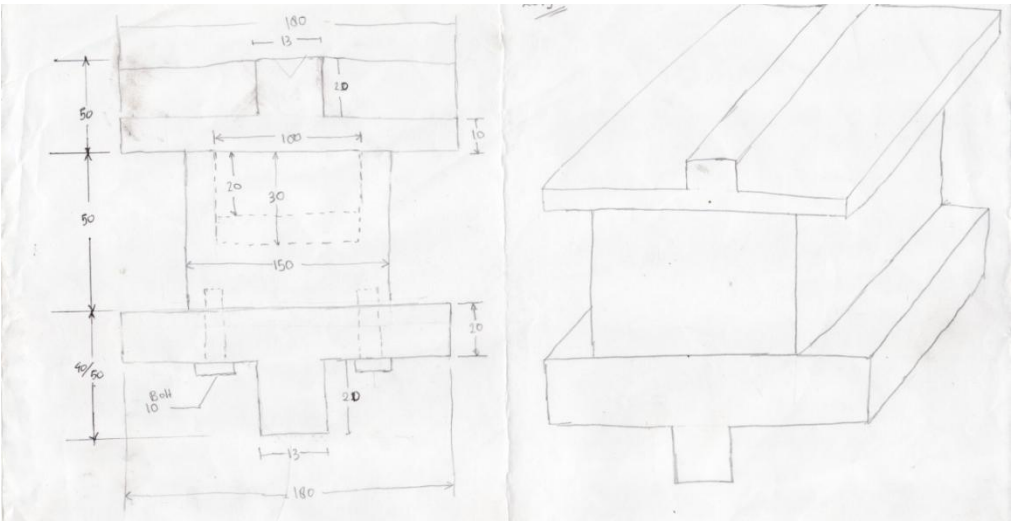
Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

Desain alat pemanas dan kompaktor melalui beberapa tahapan.Desain awal melalui sketsa gambar yang merupakan wujud ide atau pemikiran tim peneliti. Gambar sktesa awal kompaktor diperlihatkan pada Gambar 4.11.



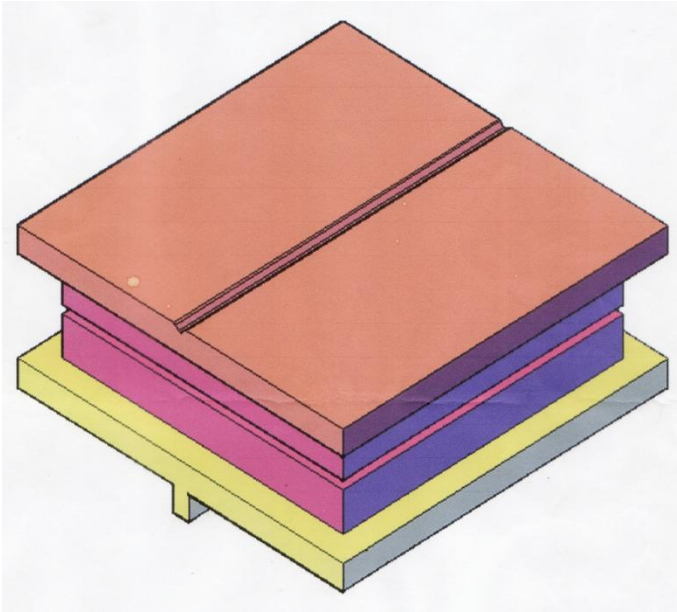
Gambar 4.11.Sketsa Awal Kompaktor

Desain kompaktor berdasarkan sketsa pada Gambar 4.11 masih ditemukan permasalahan seperti peletakan posisi elemen pemanas dan jenis sambungan antar elemen.Elemen pemanas direncanakan di sekeliling cetakan (kompaktor) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.12.



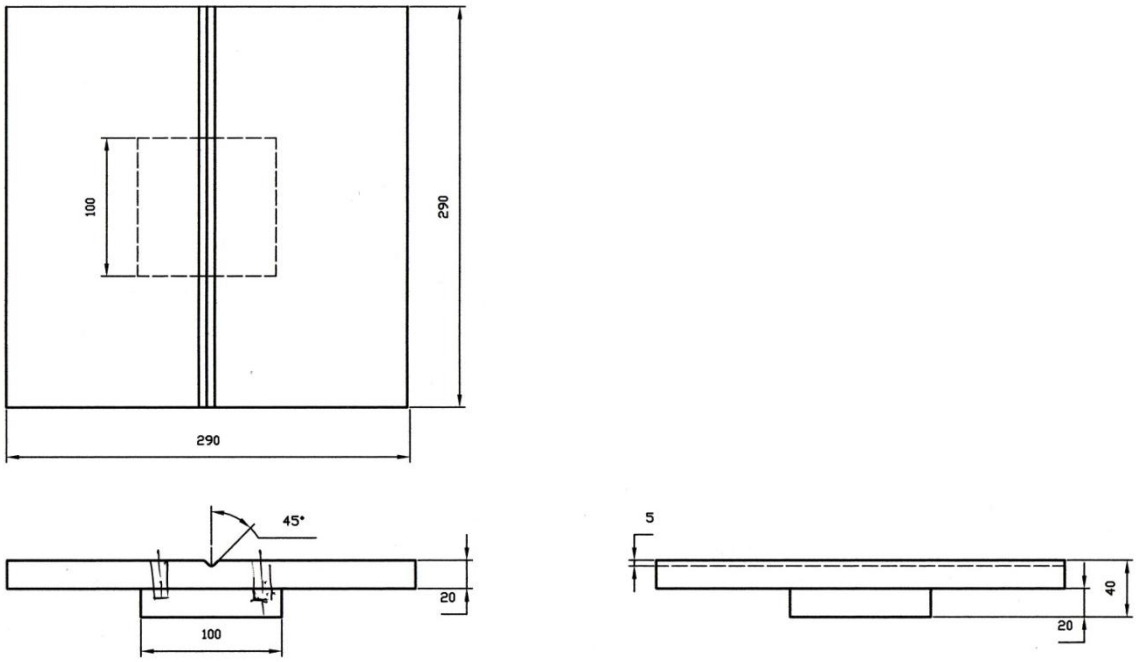
Gambar 4.12.Sketsa Kompaktor dan *Heater*

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/



Gambar 4.12. (lanjutan)

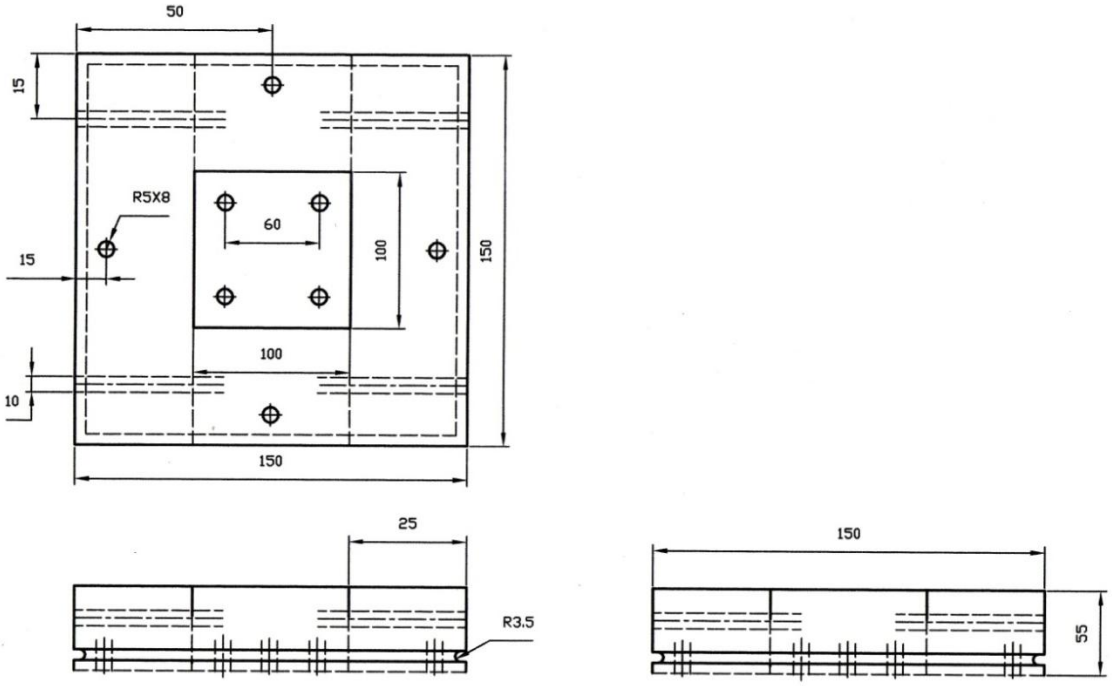
Beberapa bagian peralatan kompaktor yang direncanakan sebagai berikut: *pressing* (penekan), *dies* (cetakan), pelat alas cetakan, dan alas cetakan.Detail gambar desain bagian kompaktor diperlihatkan pada Gambar 4.13 s.d. 4.16.



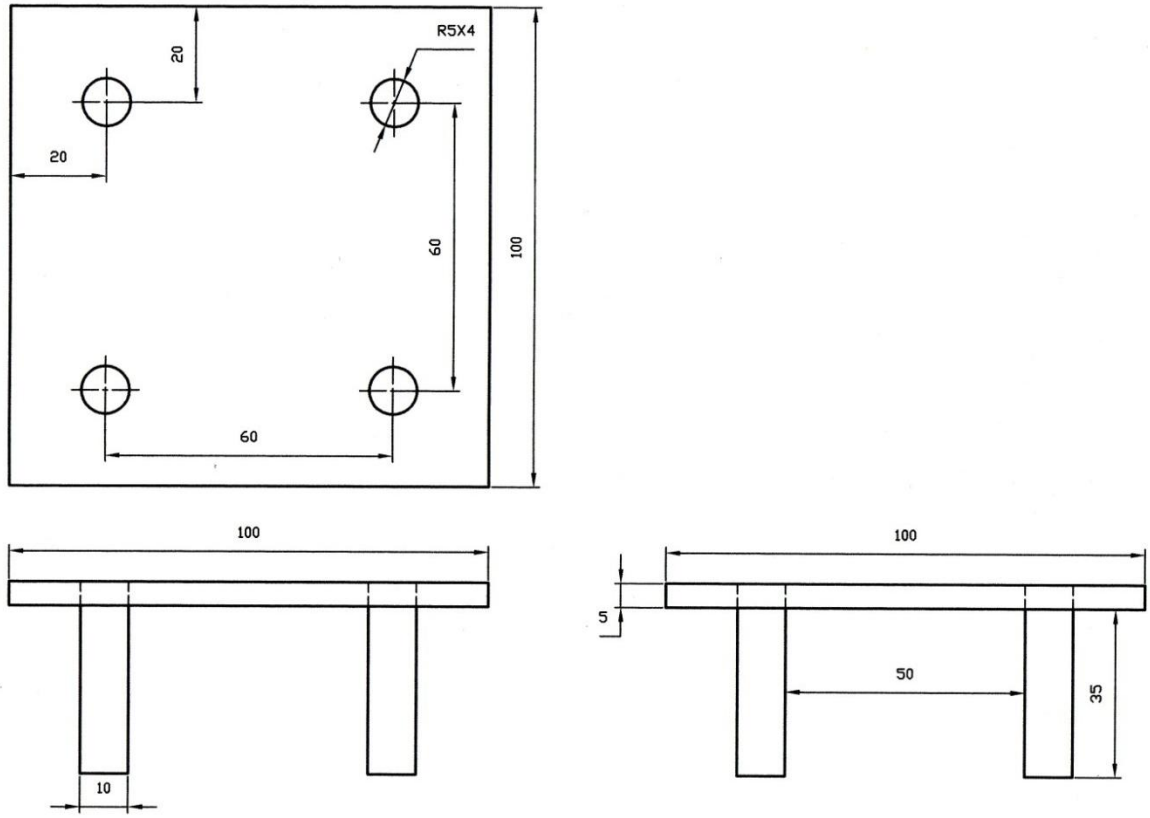
Gambar 4.13.*Pressing* (Penekan)

Cetakan direncanakan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.14.Pelat alas cetakan direncanakan seperti diperlihatkan pada Gambar 4.15.Masing-masing bagian dibuat dari baja ASTM A36.

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

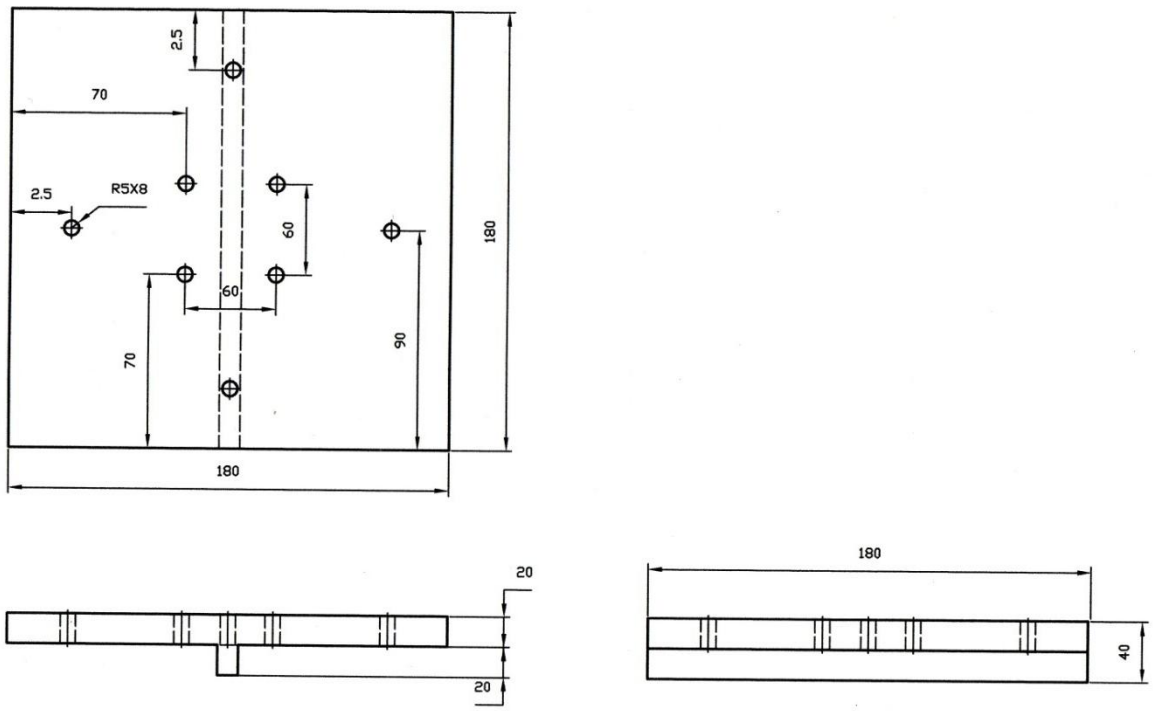


Gambar 4.14. Cetakan



Gambar 4.15. Pelat Alas Cetakan

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/



Gambar 4.16. Alas Cetakan

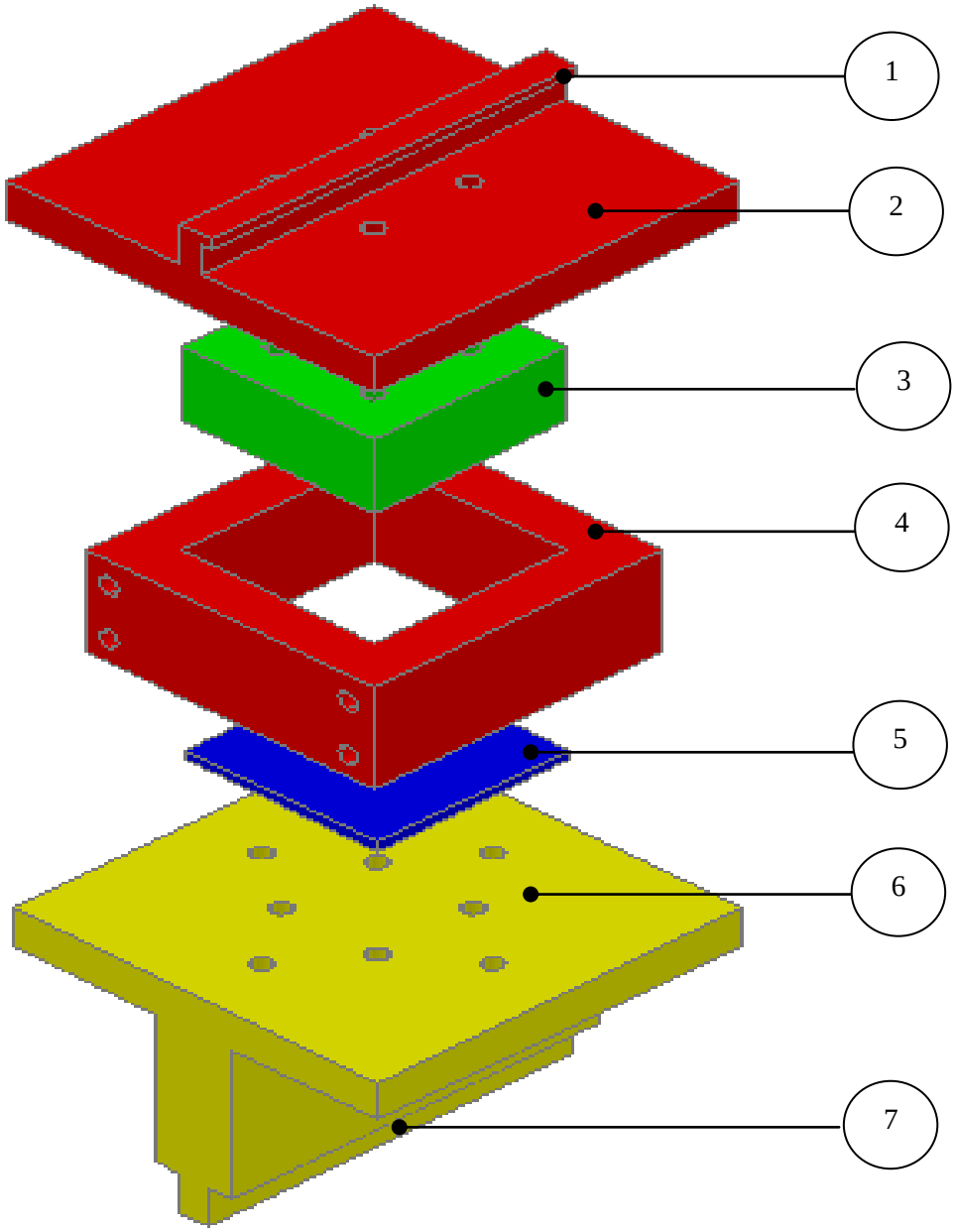
Berdasarkan detail gambar setiap bagian kompaktor maka diperoleh konstruksi kompaktor seperti diperlihatkan pada Gambar 4.17.Konstruksi kompaktor ini direncanakan dengan konsep teknologi manufaktur *jigs and fixtures.*Teknologi ini diterapkan terhadap kompaktor dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi (proses pembuatan pelat komposit).

Konstruksi kompaktor selanjutnya dibuat menggunakan peralatan dengan tingkat kepresisian tinggi.Proses pembuatan salah satu bagian pelat ditunjukkan pada Gambar 4.18.

4.2.2.3. Persiapan dan pencampuran bahan komposit kanvas rem cakram

Bahan-bahan baku pelat komposit kanvas rem dicampur hingga merata dengan komposisi yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.Masing-masing bahan ditimbang terlebih dahulu massanya dengan komposisi seperti yang telah ditentukan pada Tabel 4.7. Setelah ditimbang *phenolic resin*, *palm slag*, grafit, serat baja, dan alumina dicampur dan diaduk dalam *mixer*. Kecepatan putar *blade mixer* adalah 180 rpm dan bahan diaduk selama 15 menit (Koya et al, 2005). Bahan yang telah bercampur (homogen) terlihat berwarna hitam seperti yang ditunjukkan Gambar 4.19.

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

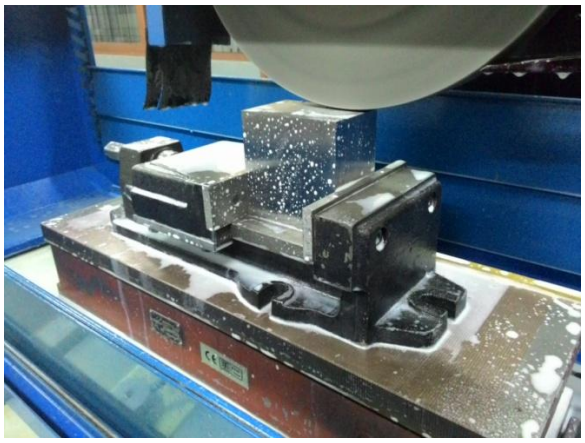


Keterangan:

1. Kedudukan mesin *bending* bagian atas
2. Bantalan penekan cetakan
3. Penekan cetakan
4. Cetakan
5. Landasan hasil cetakan
6. Alas dudukan cetakan
7. Kedudukan mesin *bending* bagian bawah

Gambar 4.17.Desain Konstruksi Kompaktor

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/



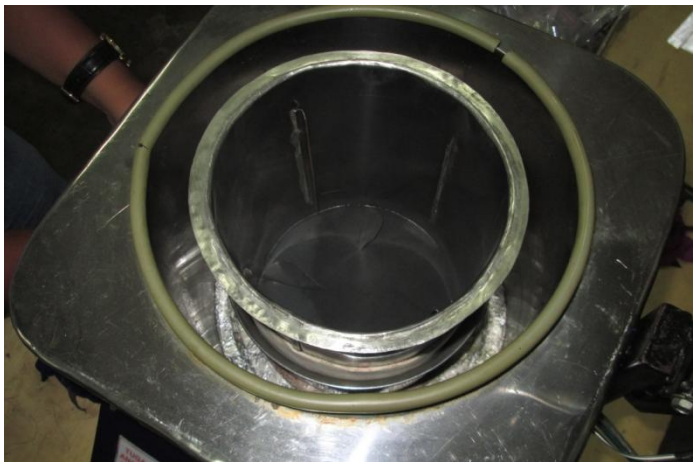
a. Proses pemotongan pelat

b. Proses pemotongan sisi pelat

c. Proses pelubangan pelat

Gambar 4.18.Foto Proses Pembuatan Kompaktor Pelat Komposit

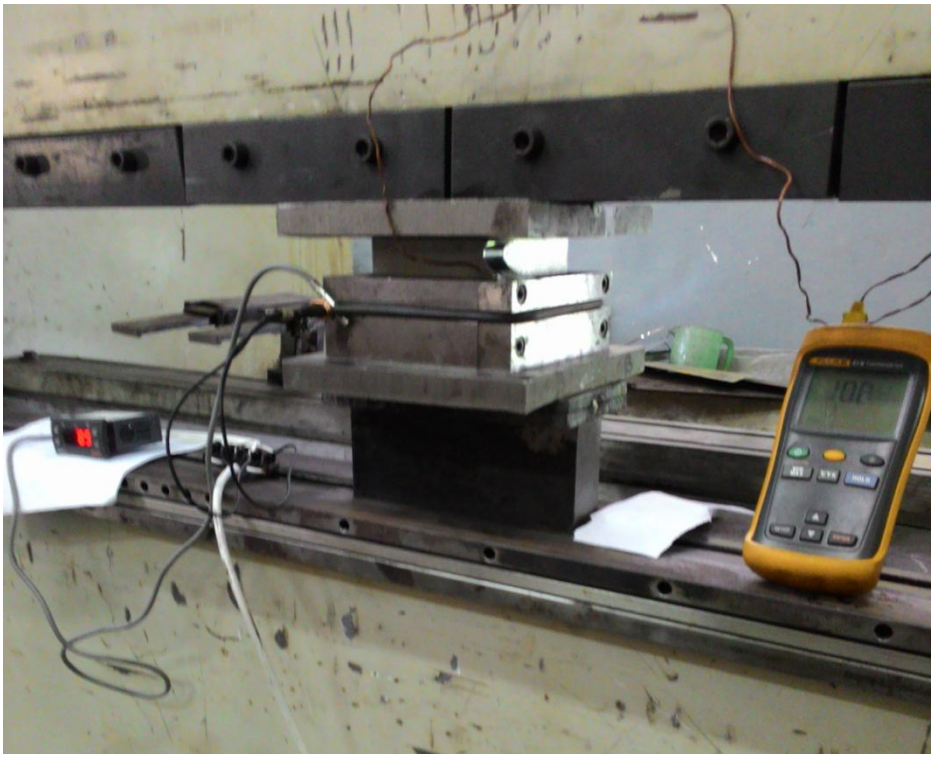
Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/



Gambar 4.19.Foto Campuran Bahan yang Homogen

4.2.2.4. Pemadatan (kompaksi) dan *sintering*bahan

Cetakan untuk membentuk spesimen dipasang pada mesin *bending* hidrolik, dan pada saat pemasangan cetakan kabel *thermocouple*dipasang di antara *dies* dan landasan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.20. Bahan-bahan yang telah dicampur kemudian dituang ke dalam cetakan dan dipadatkan pada tekanan awal 15 MPa, temperatur 150 ^{o}C. Kemudian bahan diberi tekanan dengan besar pembebanan 60 ton dan tekanan tersebut dipertahankan selama 30 menit.Pelat selanjutnya dikeluarkan dari cetakan dan dibiarkan hingga mencapai temperatur kamar.



Gambar 4.20. Foto Proses Kompaksi dan *Sintering* Bahan

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

4.3. Jadwal Penelitian Tahun 1

Jadwal penelitian Tahun 1 ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Jadwal Penelitian Tahun 1

No	Jenis Kegiatan	Bulan ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tahun I (2015)											
A	**Tahap Persiapan**										
1	Persiapan proposal										
2	Menyusun instrumen										
B	**Tahap Pelaksanaan**										
3	Pengamatan										
4	Pengumpulan data										
5	Analisis Data										
C	**Tahap Pengendalian**										
6	Monitoring										
7	Evaluasi										
8	Penulisan laporan										
9	Seminar hasil										
10	Publikasi										
Tahun II (2016)											
A	**Tahap Persiapan**										
1	Persiapan proposal										
2	Menyusun instrumen										
B	**Tahap Pelaksanaan**										
3	Pengamatan										
4	Pengumpulan data										
5	Analisis Data										
C	**Tahap Pengendalian**										
6	Monitoring										
7	Evaluasi										
8	Penulisan laporan										
9	Seminar hasil										
10	Publikasi ilmiah										

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

Tahun III (2017)											
A	**Tahap Persiapan**										
1	Persiapan proposal										
2	Menyusun instrumen										
B	**Tahap Pelaksanaan**										
3	Pengamatan										
4	Pengumpulan data										
5	Analisis Data										
C	**Tahap Pengendalian**										
6	Monitoring										
7	Evaluasi										
8	Penulisan laporan										
9	Seminar hasil										
10	Publikasi dan pendaftaran HKI (paten produk)										

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/