



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI

Jl. Jenderal Sudirman Pintu 1, Senayan, Jakarta 10270
Telepon: (021) 57946100 ext. 0433; Faks. (021) 5731846
Laman: <http://dikti.go.id>

Nomor : 0100/E5.1/PE/2015

19 Januari 2015

Lampiran : Satu berkas

Hal : Penerima Hibah Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
di Perguruan Tinggi Tahun 2015 Batch 1

Yth. 1. Rektor/Ketua/Direktur Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta
2. Koordinator Kopertis Wilayah I s.d XIV

Diberitahukan dengan hormat bahwa Ditlitabmas telah melakukan seleksi proposal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat untuk pendanaan tahun 2015. Bersama ini kami sampaikan daftar nama penerima hibah Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat tahun 2015 Batch 1 sebagaimana terlampir.

Kami informasikan bahwa penerima hibah Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat tahun 2015 Batch 1 adalah para pengusul yang proposalnya dinyatakan lolos seleksi dan yang bersangkutan juga telah mengisi dan mengunggah dalam SIMLITABMAS dokumen-dokumen pelaporan dan hasil pelaksanaan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat tahun 2014 sampai dengan tanggal 12 Januari 2015, meliputi:

1. Laporan Penggunaan Anggaran
2. Laporan Akhir, dan
3. Berkas Seminar Hasil (Artikel Ilmiah, Berang Capaian Kegiatan, Poster, dan Profil) bagi yang sudah selesai di tahun 2014

Berkenaan dengan hal tersebut, Ditlitabmas memberi kesempatan kepada penerima hibah Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat tahun 2014 yang belum mengisi dan mengunggah dokumen tersebut di atas, untuk segera mengisi dan mengunggah ke SIMLITABMAS sampai dengan tanggal 26 Januari 2015.

Pengusul yang namanya tidak tercantum pada Batch 1 dan telah menyelesaikan pengisian dan pengunggahan dokumen pelaporan dan seminar hasil tahun 2014 sebagaimana tersebut di atas akan ditetapkan sebagai penerima hibah penelitian dan pengabdian kepada masyarakat tahun 2015 Batch 2.

Selanjutnya, kami mohon bantuan Saudara untuk menyampaikan informasi di atas kepada masing-masing penerima hibah Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2015 (Batch 1), dan para dosen pengusul Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat di lingkungan perguruan tinggi Saudara yang namanya belum tercantum di Batch 1.

Kami sampaikan bahwa mekanisme penyaluran dana hibah akan dilakukan melalui kontrak kerja antara Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (Ditlitabmas) dengan Ketua LP/LPPM/LPM Perguruan Tinggi Negeri dan atau Koordinator Kopertis Wilayah. Untuk maksud tersebut, bersama ini kami kirikan daftar isian (terlampir) untuk diisi dan mohon segera dikirim melalui fax: 021-5731846, 57946085 dan email: pgm.dp2m@dikti.go.id (untuk Program Pengabdian Kepada Masyarakat), dan penelitian.dp2m@dikti.go.id (untuk Program Penelitian) paling lambat tanggal 30 Januari 2015.

Hal-hal lain yang terkait dengan mekanisme penyaluran dana dan pelaksanaan hibah akan diinformasikan kemudian melalui laman: <http://dikti.go.id> dan <http://simlitabmas.dikti.go.id>.

Atas perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan terima kasih.

Direktur Penelitian dan Pengabdian
Kepada Masyarakat,

NO	NAMA KETUA PELAKSANA	PERGURUAN TINGGI	JUDEL	SKEMA
798	DIAN RATHI L. 411894881 Status akademik: Lulusan	Kode: 021013 Universitas Pancasila	Etiologi Infeksi Yersinia Chaitan dan Bahaya Tanaman dan Pengembangannya Sebagai Antiparasitosa	Penelitian Hibah Bersaing
799	DEYA WHITA SAMUDRO 411896282 Status akademik: Baru	Kode: 021013 Universitas Pancasila	SISTEM PERINGATAN ONE BANGUN KEMAN BERBASIS TWITTER	Penelitian Hibah Bersaing
800	Drs. SRI BEZeki CANDRA NURSARI M.Kes 412205683 Status akademik: Baru	Kode: 021013 Universitas Pancasila	Penerapan Dendri Jarak Plasmidom Pada Cera Raf Blood Cell Untuk Diagnosis Penyakit Malaria	Penelitian Hibah Bersaing
801	WIPRI WISARTI 412782384 Status akademik: Baru	Kode: 021013 Universitas Pancasila	Penerapan Mula Ekstrak Daun 70% dari daun Sambung Nyawa (Gynostemma pterocarpum (Less.) Merr) sebagai penghambat apoptosis	Penelitian Hibah Bersaing
802	YUSI ANGGRIANI S.M., M.Kes., Apt 4117887781 Status akademik: Baru	Kode: 021013 Universitas Pancasila	Dampak Imunisasi Eradikasi Nasional BPTIS terhadap Biaya Pengobatan, Clinical Outcomes, dan HbQd, Pasien ASKIS DM Tipe 1	Penelitian Hibah Bersaing
803	YUSI DEWIYATI S.M., M.Bi., Apt 411912188 Status akademik: Baru	Kode: 021013 Universitas Pancasila	Formulasi Tablet dan Nanopartikel Fibroik Termodifikasi Daun Suka (Annona muricata) sebagai Obat Herbal Antidiabetes	Penelitian Hibah Bersaing
804	Dr. SYANSIEDEN M.Biomedik, Apt 412204881 Status akademik: Lulusan	Kode: 021013 Universitas Pancasila	Etiologi Penyakit Kulit? dan Tumbuhan yang digunakan sebagai Anti-malaria di daerah Sangat Kepayang Kabupaten Anabuk Sumatera Utara	Penelitian Kompetensi
805	Dr. Dr. DWI WARDALINA M.T. 412026881 Status akademik: Baru	Kode: 021013 Universitas Pancasila	Pengembangan Proses Manufaktur Komposit Matrik Alumina Serbukul Perilaku Menggunakan Teknologi Spraying Coating untuk Aplikasi Komposit Ortomax	Penelitian Kompetensi
806	Dr. ETTY UTJI BIRHAYATI SIL, NRS 402489881 Status akademik: Baru	Kode: 021015 Universitas Tarumanegara	PILAZ ANJIAN MEMOROK DI KAWAAN HOTEL DALAM WILAYAH DKI JAKARTA BERDASARKAN PERATURAN GOVERNUR PROVINSI DKI JAKARTA NO 71 TAHUN 2015 DI PERATURAN GOVERNUR PROVINSI DKI JAKARTA NO 86 TAHUN 2016	Penelitian Fundamental
807	Dr. Ida ELZENA SIL, M.Bi. 412818181 Status akademik: Baru	Kode: 021015 Universitas Tarumanegara	PENDAPKAN KONVENSI PBB TENTANG HUKUM LAUTUANG KE DALAM KEPTINTUAN PERLINDUNG UNDANGAN NASIONAL TERKAIT TINDAK PERJAYUBAN ZEE INDONESIA	Penelitian Fundamental
808	Dr. DWI ANDAYANI BUDI SETYOWATI SIL, NRS 412481881 Status akademik: Baru	Kode: 021015 Universitas Tarumanegara	HORMONELTBA HUCUM Iyand, Privasi, Praktik, dan Implikasinya bagi Kebudayaan Islam Studi Analisis dan Potensi Pengabdian	Penelitian Fundamental



UNIVERSITAS PANCASILA

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Kampus : Strengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta 12640

Telp. (021) 78880305, 7874344, 7864721, 98880038, Fax. (021) 7271868

www.univpancasila.ac.id, email : humas@univpancasila.ac.id

Yayasan: 727.2010, FE: 727.1838, FF: 786.4727, FH: 727.2443, FT: 786.4730, DIII: 786.4730,

Fak Psikologi: 787.1325, F.Kom: 787.6451, Fak Pariwisata: 988.84038, MM: 3143966, Masi : 727.8088,

MH: 391.9013, MTM: 319.26047, MIF: 786.4727, Program Doktor Ilmu Ekonomi: 390.4271

**SURAT PENUGASAN
DALAM RANGKA PELAKSANAAN PROGRAM PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2015
Nomor : 2255/LPPM/UP/III/2015**

Pada hari ini Senin tanggal Dua bulan Maret tahun Dua ribu lima belas, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. Dra. Hj. Dewi Trirahayu, MM : Kepala LPPM Universitas Pancasila, bertindak atas nama Rektor Universitas Pancasila yang selanjutnya dalam Surat Perjanjian ini disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**;
2. Dwi Rahmalina : Dosen Universitas Pancasila, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2015 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

Perjanjian penugasan ini berdasarkan pada Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian bagi dosen perguruan tinggi Swasta Kopertis Wilayah III Tahun Anggaran 2015, Nomor :098/K3/KM/2015, tanggal 23 Februari 2015

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Kompetensi Tahun 2015 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagaimana diatur dalam pasal-pasal sebagai berikut:

Pasal 1

1. **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Penugasan Penelitian Hibah Kompetensi baru tahun 2015 dengan judul 'Pengembangan proses manufaktur komposit matriks aluminium berpenguat partikulat menggunakan teknologi Squeeze Casting untuk aplikasi komponen otomotif'.
2. **PIHAK KEDUA** bertanggung jawab penuh atas pelaksanaan Administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagai mana dimaksud pada ayat 1 dan berkewajiban menyerahkan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya dalam bendel laporan yang tersusun secara sistematis kepada **PIHAK PERTAMA**.

3. Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Kompetensi Baru tahun 2015 sebagaimana dimaksud judul penelitian di atas didanai dari DIPA Kopertis Wilayah III Jakarta Nomor SP DIPA 023.04.2.189705/2015 tanggal 14 November 2014

Pasal 2

- (1) **PIHAK PERTAMA** menyerahkan dana penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 sebesar Rp. 140.000.000,- (*Seratus empat puluh juta rupiah*) yang berasal dari DIPA Kopertis Wilayah III Jakarta Nomor DIPA 023.04.2.189705/2015 tanggal 14 November 2014
- (2) Dana Penugasan Pelaksanaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total bantuan dana kegiatan yaitu $70\% \times \text{Rp. 140.000.000,-} = \text{Rp. 98.000.000,-}$ (*Sembilan puluh delapan juta rupiah*).
 - b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana yaitu $30\% \times \text{Rp. 140.000.000,-} = \text{Rp. 42.000.000,-}$ (*Empat puluh dua juta rupiah*), dibayarkan setelah **PIHAK KEDUA** menyerahkan *hardcopy* Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Kompetensi Tahun Anggaran 2015 dan Laporan Penggunaan Anggaran 70% yang telah dilaksanakan kepada **PIHAK PERTAMA** dan mengunggah *soft copy*nya ke SIMLITABMAS paling lambat tanggal 23 Juni 2015.
 - c. **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab mutlak dalam pembelanjaan dana tersebut pada ayat (1) sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui dan berkewajiban untuk menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA**.
 - d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke kepada **PIHAK PERTAMA** untuk disetor ke Kas Negara.

Pasal 3

Dana Penugasan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat 1 dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** melalui rekening yang diajukan dan atas nama **PIHAK KEDUA**.

Pasal 4

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban merindakanjuti dan mengupayakan hasil Program Hibah Penelitian berupa hak kekayaan intelektual dan atau publikasi ilmiah sesuai dengan luaran yang dijanjikan pada Proposal.
- (2) Perolehan hasil sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi.

- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan perolehan hasil sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA** selambat-lambatnya pada tanggal 23 Juni 2015.

Pasal 5

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah laporan kemajuan pelaksanaan kegiatan ke SIM-LITABMAS paling lambat tanggal 25 Juni 2015 sesuai surat Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Nomor 0227/E.5/PE/2015 tanggal 4 Februari 2015 perihal Jadwal pelaksanaan Program Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat, dan Program Kreativitas Mahasiswa di Perguruan Tinggi Tahun 2015.
- (2) **PIHAK PERTAMA** melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Program Hibah Penelitian tahun 2015 sebelum pelaksanaan monitoring dan evaluasi eksternal oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.

Pasal 6

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Program Hibah Penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi

Pasal 7

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir pelaksanaan Penugasan Program Hibah Penelitian Tahun 2015 sesuai surat Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Nomor 0227/E.5/PE/2015 tanggal 4 Februari 2015 perihal Jadwal pelaksanaan Program Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat, dan Program Kreativitas Mahasiswa di Perguruan Tinggi Tahun 2015 dan mengisi Rekapitulasi Laporan Penggunaan Anggaran 100% pada SIM-LITABMAS paling lambat tanggal 4 November 2015.
- (2) Hard copy Laporan Akhir dan Rekapitulasi Laporan Penggunaan Anggaran sebagaimana dimaksud ayat (1) diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA** paling lambat tanggal 4 November 2015.

Pasal 8

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 tidak dapat melaksanakan Program Hibah Penelitian Tahun 2015, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 maka **PIHAK KEDUA** harus

mengembalikan dana kepada PIHAK PERTAMA yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.

- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh PIHAK PERTAMA.

Pasal 9

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Hibah Penelitian telah berakhir, PIHAK KEDUA belum menyelesaikan tugasnya dan atau terlambat mengirim laporan Kemajuan dan atau terlambat mengirim laporan akhir, maka PIHAK KEDUA dikenakan sanksi denda sebesar 1 % (satu persi) setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-tingginya 5% (lima persen), dihitung dari tanggal jatuh tempo sebagaimana tersebut pada pasal 1 ayat (1), 2 dan ayat (3), yang terdapat dalam Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Program Hibah Penelitian Universitas Pancasila Tahun Anggaran 2015 ;
- (2) Denda sebagaimana dimaksud pada ayat (3) disetorkan ke Kas Negara dan foto copy bukti setor denda yang telah divalidasi oleh KPPN setempat diserahkan kepada PIHAK PERTAMA.

Pasal 10

- (1) Apabila dikemudian hari judul Penelitian Hibah Kompetensi sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Hibah Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidak-jujuran/tidak kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan Program Hibah Penelitian tersebut dinyatakan batal dan PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana Penelitian Hibah Kompetensi Tahun 2015 yang telah diterima kepada PIHAK PERTAMA yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh kepada PIHAK PERTAMA.

Pasal 11

Hal-hal dan atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab PIHAK KEDUA dan harus dibayarkan ke kantor pelayanan pajak setempat sebagai berikut:

- (1) Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
- (2) Belanja honorarium dikenai PPh Pasal 21 dengan ketentuan:
- 5% bagi yang memiliki NPWP untuk golongan III, serta 6% bagi yang tidak memiliki NPWP,
 - Untuk golongan IV sebesar 15%; dan
- (3) Pajak-pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 12

- (1) Hak atas kekayaan intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan Program Hibah Penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.
- (2) Hasil Program Hibah Penelitian berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga/masyarakat melalui Surat Keterangan Hibah.

Pasal 13

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.
- (2) Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini diatur kemudian oleh kedua belah pihak.

Pasal 14

Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Hibah Penelitian ini dibuat rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

PIHAK PERTAMA

PIHAK KEDUA



BHANI Dewi Triahayu, MM
NIDN. 0530046201

Dwi Rahmalina
NIDN.0301096901

Mengetahui

Prof. Dr. Wahono Sumaryono, Apt
Rektor

Dr. Fezzri Fahmuddin, M.Sc. Eng., D.Eng
Dekan Fakultas Teknik

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 432/Teknik Produksi (dan/atau Manufaktur)

LAPORAN TAHUNAN

HIBAH KOMPETENSI



PENGEMBANGAN PROSES MANUFAKTUR KOMPOSIT MATRIKS ALUMINIUM BERPENGUAT PARTIKULAT MENGUNAKAN TEKNOLOGI *SQUEEZE CASTING* UNTUK APLIKASI KOMPONEN OTOMOTIF

Tahun ke satu dari rencana dua tahun

TIM PENELITIAN

Ketua : Dr. Ir. Dwi Rahmalina, M.T. (NIDN: 0301096901)
Anggota : Dr. Ir. Laode M. Firman, M.T. (NIDN: 0324066701)
Hendri Sukma, S.T., M.T. (NIDN: 0313067103)

UNIVERSITAS PANCASILA
Nopember 2015

HALAMAN PENGESAHAN

Judul	: Pengembangan Proses Manufaktur Komposit Matriks Aluminium Berpenguat Partikulat Menggunakan Teknologi Squeeze Casting untuk Aplikasi Komponen Otomotif
Peneliti/Pelaksana	
Nama Lengkap	: Dr. DWI RAHMALINA
Perguruan Tinggi	: Universitas Pancasila
NIDN	: 0301096901
Jabatan Fungsional	: Lektor
Program Studi	: Teknik Mesin
Nomor HP	: 0816774504
Alamat surel (e-mail)	: drahmalina@yahoo.com
Anggota (1)	
Nama Lengkap	: Dr. LA ODE MOHAMMAD FIRMAN
NIDN	: 0324066701
Perguruan Tinggi	: Universitas Pancasila
Anggota (2)	
Nama Lengkap	: HENDRI SUKMA
NIDN	: 0313067103
Perguruan Tinggi	: Universitas Pancasila
Institusi Mitra (jika ada)	
Nama Institusi Mitra	: -
Alamat	: -
Penanggung Jawab	: -
Tahun Pelaksanaan	: Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan	: Rp 140.000.000,00
Biaya Keseluruhan	: Rp 300.000.000,00



Mengetahui,
Ket. LPPM Univ. Pancasila

(Dr. DWI TRIRAHAYU, M.M.)
NIP/NIK 0330046201

Jakarta, 2 - 11 - 2015
Ketua,

(Dr. DWI RAHMALINA)
NIP/NIK 4912411001



Menyetujui,
Rektor Universitas Pancasila

(Prof. Dr. WAHONO SUMARYONO, Apt.)
NIP/NIK 195401211982031001

RINGKASAN

Komposit matriks aluminium berpenguat partikulat banyak dikembangkan untuk aplikasi komponen otomotif karena mempunyai berat jenis yang lebih ringan dibanding logam ferrous serta juga memiliki performa yang baik seperti kekuatan tinggi, kekerasan tinggi, sifat tahan aus dan koefisien ekspansi panas rendah. Karakteristik yang unggul dari komposit dapat diperoleh melalui proses manufaktur yang baik. Faktor penting yang mempengaruhi karakteristik komposit adalah kondisi daerah antarmuka penguat partikel dengan matriks aluminium dengan kemampubasahan optimal dan cacat rongga minimal. Kondisi ini dapat diperoleh melalui pemilihan proses manufaktur yang tepat yaitu dengan menggunakan teknologi *squeeze casting*.

Riset ini bertujuan untuk mengembangkan proses manufaktur yang sesuai melalui teknologi *squeeze casting* untuk menghasilkan komponen otomotif khususnya piston. Teknologi ini merupakan gabungan dari proses pengecoran dan pembentukan, dimana material diberikan tekanan pada saat mencapai temperatur semi solid dalam cetakan logam yang telah dilakukan pemanasan. Tahapan riset yang akan dikembangkan dalam Hibah Kompetensi ini adalah meliputi pengembangan desain cetakan dan optimasi karakteristik komponen yang dihasilkan menggunakan software Z-Cast, modifikasi sistem kontrol temperatur pada daerah *semisolid*, pembuatan cetakan dan pengoptimalan parameter proses *squeeze casting* dengan desain cetakan yang telah dikembangkan untuk menghasilkan sifat mekanis dan ketahanan aus yang baik. Material matriks yang digunakan adalah jenis paduan Aluminium yang mempunyai ketangguhan yang unggul, yaitu paduan Al-Zn dengan penambahan unsur paduan Si (3 wt.%), Cu (1 wt.%) dan Mg (6 wt.%) yang diperkuat dengan partikel silikon karbida (SiC) dan alumina (Al₂O₃) dengan fraksi volume 10 – 30 %. Karakterisasi komposit dilakukan dengan pengujian sifat mekanis dan ketahanan aus, pengamatan struktur makro dan mikro menggunakan mikroskop optik dan elektron (SEM/EDS) dan pengamatan radiografi.

Hasil riset pada tahun pertama adalah memperoleh desain cetakan dan karakteristik komponen piston yang optimum menggunakan software Z-Cast. Selanjutnya, pada tahun kedua riset diharapkan dapat menghasilkan parameter proses *squeeze casting* yang optimum untuk memperoleh komponen piston dengan performa yang unggul dengan pengurangan berat yang signifikan dibanding baja. Juga diharapkan riset ini menjadi akan menjadi salah satu tonggak pengembangan industri komponen otomotif secara mandiri di Indonesia.

Kata kunci : komposit matriks aluminium, squeeze casting, komponen otomotif, piston

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	1
RINGKASAN	2
DAFTAR ISI	3
BAB 1. PENDAHULUAN	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	20
BAB 4. METODE PENELITIAN	21
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	53
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58
1. Instrumen : Hasil Desain	
2. Personalia tenaga peneliti beserta kualifikasinya	
3. Publikasi	

BAB 1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pertumbuhan industri transportasi dan otomotif di Indonesia mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Pada tahun 1998, pasar otomotif mempunyai daya serap hanya 17,611,767 unit. Namun, 10 tahun kemudian tumbuh menjadi 61,685,063 unit [1]. Hal ini menempatkan industri otomotif sebagai satu dari tiga industri yang diharapkan menjadi pendorong pertumbuhan industri nasional dan perekonomian di Indonesia. Akan tetapi para pelaku industri otomotif mengalami beberapa kendala diantaranya adalah belum seluruhnya industri pendukung seperti bahan baku dan komponen dibuat di dalam negeri. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan material bahan baku komponen yang dapat diproduksi secara mandiri di dalam negeri. Material tersebut harus memiliki persyaratan yang memadai seperti biaya yang lebih murah, ringan namun mempunyai kualitas yang baik dan unggul. Dengan berkembangnya teknologi material persyaratan ini dapat dipenuhi oleh material komposit matriks aluminium.

Penggunaan komposit matriks aluminium sebagai produk otomotif akan mampu mengurangi bobot komponen serta memiliki kekuatan yang baik, sehingga performa produk otomotif tersebut menjadi lebih baik dan hemat bahan bakar. Komposit matriks aluminium juga memiliki densitas yang rendah, tahan korosi serta mempunyai elastisitas yang lebih baik. Selain itu, komposit matriks aluminium memiliki sifat *tailorability*, sehingga sifat mekanis yang diinginkan dapat dimodifikasi tergantung dari kombinasi matriks, penguat serta kondisi pada daerah antarmukanya [2,3]. Keunggulan ini yang menjadi dasar para periset untuk mengembangkan komposit matriks aluminium sebagai alternatif pengganti material konvensional.

Sejak tahun 2004, lebih dari 3.5 juta kilogram bahan komposit matriks aluminium telah digunakan pada berbagai industri, antara lain adalah industri otomotif. Penggunaan komposit ini dari tahun ke tahun akan terus meningkat cepat dengan laju pertumbuhan per tahun mencapai 6 % [4]. Di beberapa negara, baik di benua Asia maupun Eropa, komposit matriks aluminium telah digunakan secara komersial pada komponen mesin seperti piston, *connecting rod*, *brake system* dan *cylinder liner*. Karakteristik yang harus dimiliki oleh masing-masing komponen tersebut dapat dipenuhi oleh komposit matriks aluminium.

Komponen sistem pengereman seperti piston dan *brake drum* memerlukan sifat ketahanan aus dan konduktivitas panas tinggi. Dengan menggunakan komposit matriks aluminium berpenguat partikel keramik, persyaratan ini dapat dipenuhi dan dapat mengurangi berat komponen hingga 50-60% dibandingkan bahan besi tuang. Keuntungan lain dari komposit matriks aluminium untuk *brake rotor* adalah mengurangi *brake noise* dan keausan serta menghasilkan gesekan yang lebih seragam [5].

Proses manufaktur komposit menjadi suatu faktor penting yang menentukan karakteristik komposit. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan proses pengecoran khusus, yaitu dengan teknologi *squeeze casting*. Proses *squeeze casting* merupakan teknik pengecoran khusus yang menggabungkan keunggulan dari *High Pressure Die Casting* dan teknologi *forging* [6]. Keunggulan yang dihasilkan adalah mengeliminasi jumlah gas yang terperangkap dalam hasil cor dan mengurangi jumlah penyusutan akibat solidifikasi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memperoleh komposit dengan karakteristik yang baik melalui proses *squeeze casting*. Vijarayam, et.al [7] telah melakukan penelitian mengenai fabrikasi komposit matriks logam yang diperkuat dengan serat menggunakan *squeeze casting*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini mempunyai keuntungan antara lain mengeliminir porositas dan *shrinkage*, memperoleh *yield casting* 100 %, permukaan dan akurasi dimensi yang baik, peningkatan kekerasan dan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Dieringa, et.al [8] juga menunjukkan hasil coran dengan kualitas yang baik dengan porositas hanya 0.5 % pada pembuatan komposit matriks logam magnesium dengan penguat serat karbon melalui proses *squeeze casting*.

Peneliti utama dalam penelitian sebelumnya telah berhasil mengembangkan manufaktur komposit berpenguat partikel SiC untuk menghasilkan komposit dalam bentuk pelat [9]. Rahmalina, et.al [10] juga pada penelitiannya menunjukkan bahwa proses *squeeze casting* dapat meningkatkan kemampubasahan pada daerah antarmuka matriks dan penguat kawat tali baja serta menurunkan terjadinya cacat *void*. Teknologi yang dikembangkan masih memiliki beberapa kelemahan dari hal kestabilan temperatur pada saat pemberian tekanan dan pemberian gaya tekan, sehingga masih membutuhkan pengembangan dari modifikasi dan desain cetakan dan pemberian *heater* pada cetakan. Disamping itu, kondisi cetakan sangat tergantung dari bentuk dan dimensi produk cor yang akan dihasilkan.

Riset yang diajukan dalam skema Hibah Kompetensi ini memfokuskan pada pengembangan proses manufaktur komposit matriks aluminium berpenguat partikel silikon karbida dan/atau alumina melalui teknologi *squeeze casting* untuk menghasilkan komponen otomotif berupa piston. Paduan untuk matriks yang digunakan adalah Al-Zn dengan penambahan unsur paduan Mg, Si dan Cu, dengan banyaknya unsur paduan yang ditambahkan berdasarkan penelitian sebelumnya [11,12]. Komposit diperkuat dengan partikel silikon karbida (SiC) dan/atau alumina (Al_2O_3), dengan fraksi volume yang divariasikan menjadi 10, 20, dan 30 persen. Melalui penelitian ini diharapkan nantinya dapat diperoleh teknologi *squeeze casting* yang tepat untuk menghasilkan komposit matriks aluminium dengan kualitas terbaik dalam aplikasinya sebagai bahan komponen otomotif, khususnya piston.

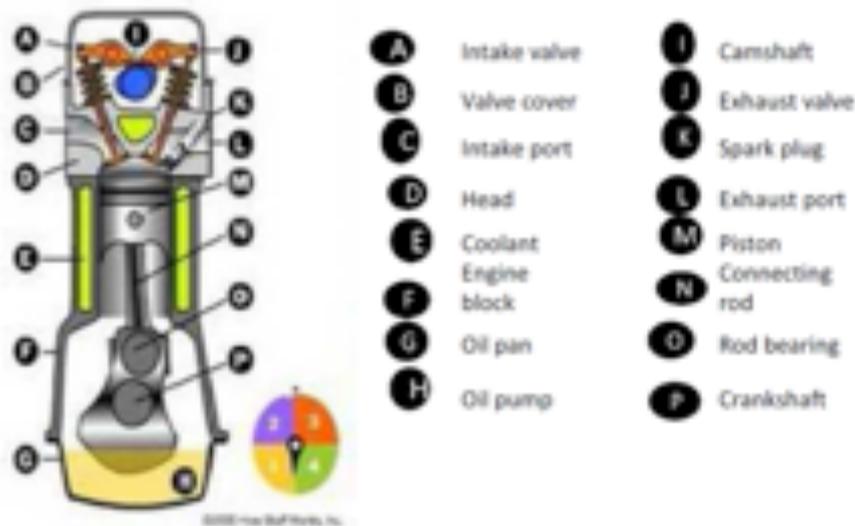
Ruang Lingkup Riset

Pengembangan komposit matriks aluminium telah dilakukan oleh Periset Utama dari tahun 2009 dengan beberapa jenis teknologi manufaktur, seperti ditampilkan pada Gambar 1. Dari riset sebelumnya telah dilakukan pula riset yang mengembangkan komposit matriks aluminium berpenguat kawat tali baja hasil laminasi. Telah pula dikembangkan komposit matriks aluminium berpenguat kawat tali baja dengan variasi unsur paduan Mg dan Cu melalui proses *squeeze casting*. Pengembangan selanjutnya yang telah berhasil dilakukan adalah perolehan panel komposit matriks aluminium dengan matriks Al-Zn-Mg berpenguat 20 % silikon karbida yang mempunyai kekerasan dan ketangguhan yang baik. Tetapi panel ini masih mempunyai ketebalan yang cukup besar, yaitu 45 mm. Untuk memudahkan proses fabrikasi, maka selanjutnya dikembangkan komposit matriks aluminium berpenguat alumina melalui proses *squeeze casting* dengan tekanan sebesar 20 Ton yang dilakukan pada temperatur semi solid. Pada tahap ini kestabilan temperatur ternyata sulit untuk dilakukan, demikian pula pemanasan cetakan. Untuk lebih meningkatkan karakteristik komposit yang dihasilkan, melalui Hibah Kompetensi ini dilakukan pengembangan cetakan dan modifikasi peralatan *squeeze casting* berupa pemberian *heater* pada cetakan dan desain *punch*, yang ditargetkan pada tahun pertama. Selanjutnya dilakukan pembuatan komponen piston dengan variasi dari partikel penguat.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Piston

Piston dalam bahasa Indonesia dikenal dengan istilah torak. Piston adalah komponen dari mesin pembakaran dalam yang berfungsi sebagai penekan udara masuk dan menerima hentakan pembakaran pada ruang bakar silinder. Dilanjutkan batang penghubung (*connecting rod*) untuk menghubungkan dengan poros engkol yang bergerak naik turun di dalam silinder untuk melakukan langkah hisap, kompresi, pembakaran dan buang [13]

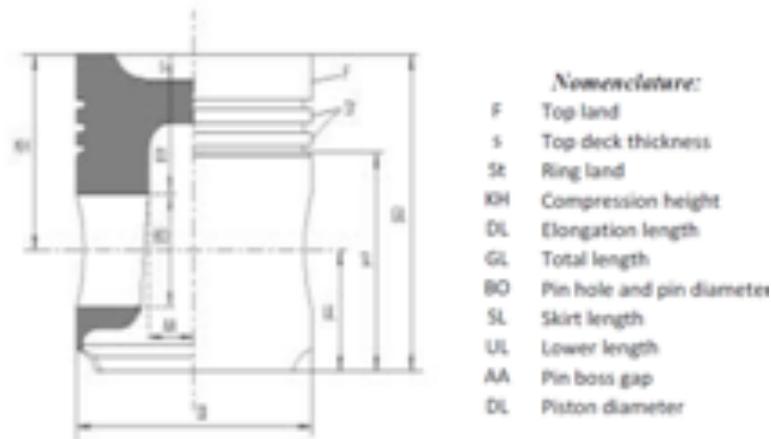


Gambar 1. Langkah kerja mesin [13]

Selanjutnya ring piston menyekat ruang pembakaran dan *crankcase*, panas dari ruang bakar diteruskan ke oil yang berfungsi sebagai pelumas dan pendingin. Skirt piston bertindak sebagai penyangga beban untuk menjaga piston benar-benar searah lubang silinder dan juga peredam suara waktu piston bergerak. Piston terdiri dari beberapa bagian, yang setiap bagian mempunyai fungsi dan kegunaan masing-masing, seperti terlihat pada Gambar 2 [14].

Proses pembakaran pada motor bensin terjadi akibat ledakan busi di dalam silinder sehingga menaikkan suhu udara tekan dalam ruang bakar, kemudian disemprotkan bahan bakar bensin ke dalam silinder yang telah berisi campuran bensin dan udara. Setelah bahan bakar bercampur dengan percikan busi maka terjadilah proses pembakaran. Proses

pembakaran bahan bakar ini menimbulkan temperatur dan tekanan didalam silinder menjadi sangat tinggi dan gas pembakaran mampu mendorong piston dengan tenaga yang besar sehingga terjadi gesekan pada dinding silinder dan ring piston [14].



Gambar 2. Bagian-bagian piston [14].

Pemasangan ring piston pada alur piston harus selalu menekan dinding silinder dengan gaya pegasnya. Hal ini menambah besarnya gaya gesek ring piston, dinding piston dengan dinding silinder. Peningkatan yang terjadi pada ruang bakar menyebabkan terjadinya pemuaian material ring piston. Hal ini juga menyumbang gaya gesek terhadap alur ring piston. Kekasaran permukaan bidang kontak antara dinding piston dengan silinder dengan adanya gaya gesek yang besar, menyebabkan keausan pada dinding piston. Pemilihan material piston sangat penting karena piston memegang peranan utama jalannya mesin [14].

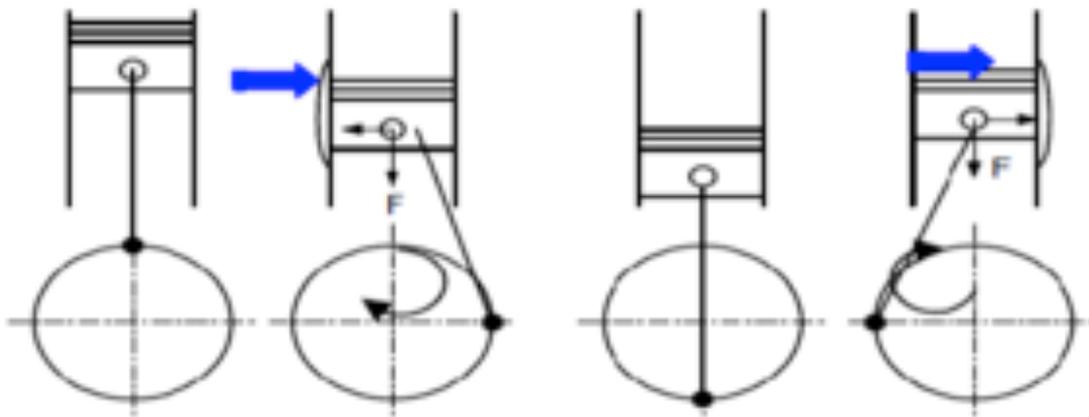
5.2 Standarisasi piston

Keausan yang paling banyak pada piston adalah pada alur ring piston terjadi diantaranya langkah torak atau $\frac{1}{2}$ langkah torak yang ditunjukkan pada Gambar 3 karena besar sudut antara *connecting rod* dan sumbu silinder juga mempengaruhi. Apabila sudut yang dengan sumbu silinder kecil maka keausan pada dinding piston besar pula. Maka material piston harus mempunyai persyaratan umum yang harus mempunyai persyaratan umum yang harus dipenuhi sebelum dibentuk menjadi piston, antara lain:

1. Konduktivitas panas yang tinggi
2. Densitas rendah

3. Memiliki kekuatan tinggi dibawah variasi temperatur
4. Tahan aus
5. Ekspansi panas yang baik
6. Ketahanan tinggi terhadap deformation dan fatik
7. Memiliki sifat luncur yang bagus [15]

Jenis material piston bermacam-macam dari paduan ringan, besi cor, besi cor modular dan baja paduan, tetapi untuk piston yang digunakan pada mesin kecepatan tinggi biasanya dibuat dari material paduan aluminium-silikon [15]. Maka pembuatan piston perlu referensi standarisasi dari pabrik sebagai acuan penggunaan dan aplikasinya. Biasanya standarisasi piston dari komposisi kimia, dimensi, proses perlakuan dan sifat mekanik yang berfungsi sebagai informasi (Tabel 1).



Gambar 3. keausan yang terjadi pada langkah piston [15]

Tabel 1. Standarisasi piston [15]

Place of origin	CHONGOQING CINA
Size	86mm, 86.5mm, 87mm
Brand name	YOUFU PISTON
Heat treatment	T6 atau T61
Tensile strength, yield	315 Mpa or 340 Mpa
Car make	NISSAN
Model Number	RB26 DETT
Hardness (HB)	HB 125-135
Fatigue endurance limit	110 Mpa or 115 Mpa
Material of aluminium alloy	4032 or 2618
Tensile strength ultimate	400 Mpa or 440Mpa

5.3 Paduan Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat ketahanan korosi yang baik. Material ini digunakan dalam bidang yang luas bukan hanya untuk peralatan rumah tangga saja tetapi juga dipakai untuk kepentingan industri, misalnya untuk industri pesawat terbang, komponen - komponen mobil, komponen regulator dan konstruksi-konstruksi yang lain.

Menurut *aluminum association* (AA) dapat diidentifikasi dengan sistem empat digit berdasarkan komposisi paduan seperti *xxx.1* dan *xxx.2* untuk ingot yang dilebur kembali. Sedangkan simbol *xxx.0* untuk menentukan batas komposisi pengecoran dan simbol A356, B356 dan C356 untuk paduan cor grafitasi. Masing-masing paduan identik dengan kandungan yang mengkombinasi tetapi berkurang batas penggunaan karena impuritanya, khususnya kandungan besi. Batas komposisi berdasarkan *aluminum association* (AA) [15].

Neff, etal [16] dalam papernya menjelaskan bahwa untuk memenuhi tuntutan pasar dari aluminium tuang ini harus memfokuskan pada peningkatan kualitas logam dengan mengembangkan pada proses peleburan. Proses difokuskan pada eliminasi berbagai kotoran yaitu *inklusi* yang merupakan problem serius dalam memproduksi hasil coran yang berkualitas. *Inklusi* yang dimaksud adalah gas hidrogen yang dapat larut pada aluminium cair yang menyebabkan porositas pada pengecoran. Daya larut hidrogen meningkat bila temperatur naik [15].

Pengaruh unsur-unsur pepadu pada paduan aluminium adalah sebagai berikut:

1. Silikon (Si)

Unsur Si dalam paduan aluminium mempunyai pengaruh positif :

- Meningkatkan sifat mampu alir (*Hight Fluidity*).
- Mempermudah proses pengecoran
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Memperbaiki sifat-sifat atau karakteristik coran
- Menurunkan penyusutan dalam hasil cor
- Tahan terhadap *hot tear* (perpatahan pada metal *casting* pada saat solidifikasi karena adanya kontraksi yang merintang)

Pengaruh negatif yang ditimbulkan Si berupa :

- Penurunan keuletan bahan terhadap beban kejut jika kandungan silikon terlalu tinggi.

2. Tembaga

Pengaruh baik yang dapat timbul oleh unsur Cu dalam paduan aluminium:

- Meningkatkan kekerasan bahan dengan membentuk presipitat
- Memperbaiki kekuatan tarik
- Mempermudah proses pengerjaan dengan mesin

Pengaruh buruk yang dapat ditimbulkan oleh unsur Cu :

- Menurunkan daya tahan terhadap korosi
- Mengurangi keuletan bahan dan
- Menurunkan kemampuan dibentuk dan dirol

3. Unsur magnesium (Mg)

Magnesium memberikan pengaruh baik yaitu :

- Mempermudah proses penuangan
- Meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Meningkatkan kekuatan mekanis
- Menghancurkan butiran kristal secara efektif
- Meningkatkan ketahanan beban kejut atau impak.

Pengaruh buruk yang ditimbulkan oleh unsur Mg :

- Meningkatkan kemungkinan timbulnya cacat pada hasil pengecoran

4. Unsur besi (Fe)

Pengaruh baik yang dapat ditimbulkan oleh unsur Fe adalah :

- Mencegah terjadinya penempelan logam cair pada retakan.

Pengaruh buruk yang dapat ditimbulkan oleh unsur paduan ini adalah

- Penurunan sifat mekanis
- Penurunan kekuatan tarik
- Timbulnya bintik keras pada hasil coran
- Peningkatan cacat porositas [2]

5.4 Komposit

Komposit adalah perpaduan dari dua logam yang berbeda atau lebih untuk menghasilkan material lain yang memiliki sifat fisik yang lebih baik, yang tidak terdapat pada masing – masing logam yang dicampurkan. Sifat – sifat yang sering diperbaiki dalam

melakukan suatu campuran biasanya terdiri dari : kekuatan, massa jenis, ketahanan bending dan kekakuan.

Sedangkan pengertian komposit secara umum dapat didefinisikan sebagai penggabungan dua material yang terdiri dari matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar) dengan penguat atau yang sering dikenal serat (penahan beban)[18]. *Particulate Composite* (komposit partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Matriks adalah jenis bahan campuran yang memiliki volume yang paling banyak dalam pembuatan suatu komposit, bahan ini berfungsi sebagai pengikat dari serat ditambahkan pada campuran bahan komposit. Karena sifatnya yang mengikat serat maka material matriks biasanya terdiri dari bahan logam atau non logam yang memiliki karakteristik bahan yang lunak dan tidak terlalu keras dan kaku. Pencampuran bahan matriks dengan material penguat bertujuan untuk memperbaiki sifat dan karakteristik dari matriks tersebut sehingga memiliki sifat yang lebih baik dari sebelumnya seperti: ketahanan terhadap temperature tinggi, ketahanan korosi yang baik, kekuatan tinggi dan lain sebagainya [18].

Jenis komposit yang diperkuat oleh serat ada 3 jenis , yaitu :

1. Komposit Matriks Polimer
2. Komposit Matriks Keramik
3. Komposit Matriks Logam

5.5 Komposit Matriks Aluminium

Jenis komposit ini adalah yang paling terkenal diantara jenis komposit matrik yang lain karena kekuatannya yang tinggi dan massa jenisnya yang relative ringan sehingga paduan komposit ini sering digunakan sebagai material pembuat badan pesawat. Namun demikian Aluminium dapat ditingkatkan kekuatannya melalui proses pemaduan (*alloying*), proses pengerjaan dingin (*cold working*) dan perlakuan panas (*heat treatment*) dengan proses penuaan (*aging*). Dengan adanya konsep pengembangan material komposit maka Aluminium tersebut dapat dikombinasikan dengan material keramik yang bertujuan untuk mendapatkan sifat fisis dan mekanis yang lebih unggul, seperti kekuatan modulus spesifik (*specific strength and modulus*) yang tinggi dengan berat yang rendah dibandingkan baja [17].

Aluminium dengan 5,5% seng dapat memiliki kekuatan tarik sebesar 580 MPa dengan elongasi sebesar 11% dalam setiap 50 mm bahan. Bandingkan dengan aluminium dengan 1% magnesium yang memiliki kekuatan tarik sebesar 410 MPa namun memiliki elongasi sebesar 6% setiap 50 mm bahan. Oleh karena itu paduan aluminium sebagai bahan yang digunakan untuk material pembuat dari kendaraan automotife berkembang sebanyak 5 – 13% . paduan aluminium cor Al-Si seri 3XX.X digunakan dalam pembuatan *engine block* dan piston Al-Si dengan lapis silinder dari besi cor untuk ketahanan aus. Karena ketersediaan yang cukup banyak dan memiliki biaya yang relative murah, paduan aluminium sangat populer dalam pembentukan beberapa material untuk industry automotive seperti pada pembuatan piston mobil yang menggunakan Al-Si, Al-Al₂O₃. Sifat –sifat mekanis dan diagram fasa dari paduan Al – Zn. Komposit matriks aluminium pun pernah dikembangkan oleh seorang berkebangsaan jerman bernama Knorr Bremse AG dengan membuat sebuah rotor dengan menggunakan paduan aluminium berpenguat silika karbida (SiC) [17].

Sesuai karakteristik komposit campuran aluminium ini, bahan – bahan atau material yang digunakan dalam campuran komposit ini ada 4 macam [17], yaitu :

1. Alumina (Al₂O₃)

Alumina merupakan oksida keramik yang paling banyak digunakan diantara sekitar dua puluh macam oksida keramik yang ada dan sering kali dianggap sebagai pelopor keramik rekayasa modern. Bauksit merupakan sumber utama alumina dengan kadar sekitar 40-60% dan sisanya berupa silikon, titania, oksida, besi dan pengotor lainnya. Alumina merupakan bahan baku utama dalam bentuk bubuk putih untuk memproduksi aluminium, sedangkan Alumina diperoleh dari bauksit melalui proses bayer, alumina yang diperoleh dari proses bayer ini mempunyai kemurnian yang tinggi dan dengan konsumsi energi yang rendah. Proses pengolahan alumina dari bauksit dengan proses bayer dilakukan dengan proses kimia. Proses ini diawali dengan melarutkan bauksit kedalam natrium hidroksida dengan temperatur kalsinasi sekitar 1250°C.

2. Seng (Zn)

Seng adalah bahan logam yang dapat tercampur dengan aluminium hingga 88.8% pada suhu 440°C, tetapi pengaruh yang ditimbulkan oleh penambahan seng pada paduan Al-Si hanyalah sedikit, tidak terlalu signifikan, namun penambahan seng dapat berpengaruh ketika campuran Al-Si dipadukan dengan Magnesium (Mg) yang dapat

menghasilkan sifat kekerasan dan kekuatan karena dapat terbentuknya paduan yang *heat treatable* dengan terbentuknya larutan presipitat $MgZn_2$ dan $AlCu_2$. Namun demikian penggunaan logam Zn ini harus dibatasi karena dapat menimbulkan kegetasan dan menimbulkan penurunan sifat tahan korosi pada komposit. Untuk itu penggunaan paduan Zn ini dibatasi penggunaannya yang memiliki nilai maksimal dibawah 1% yaitu sekitar 0.1%.

3. Magnesium (Mg)

Magnesium (Mg) adalah sebuah senyawa logam yang sering digunakan pada pembuatan komposit Aluminium dengan campuran Al-SiC dengan unsur tambahan berupa Cu, karena senyawa logam ini dapat membentuk suatu logam yang *heat treatable* yang memiliki fisik dan karakteristik yang kuat dan keras.

Magnesium memiliki kelarutan hingga 17.4 % pada temperature $450^{\circ}C$. bersamaan dengan senyawa Si, aluminium dapat membentuk fasa Mg_2Si yang terendap oleh perlakuan panas. Endapan Mg_2Si dapat terbentuk secara optimal dalam kadar antara 0.1 % - 1.3% dengan mekanisme penguatannya berupa *precipitation hardening*. Unsur senyawa magnesium pun selain menambah kekuatan serta ketahanan dari matrik, juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Secara bersamaan magnesium yang dicampur kedalam paduan aluminium akan menurunkan *castability* pada paduannya.

4. Silika karbida (SiC)

Silicon karbida atau yang sering dikenal dengan nama carborondum adalah suatu turunan senyawa silicon dengan rumus molekul SiC, yang terbentuk melalui ikatan kovalen antara unsur Si dan C (Anonim 2011a). silicon karbida merupakan salah satu material keramik non oksida paling penting, dihasilkan dalam skala besar dalam bentuk bubuk (*powder*).

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian tersebut merupakan bahan yang mempunyai karakteristik yang baik untuk campuran komposit matriks aluminium untuk memperbaiki sifat kekuatan, kekerasan, ketahanan terhadap korosi, dan ketahanan terhadap panas [17].

5.6 Pengecoran Logam

Definisi pengecoran logam (*metal casting*) adalah salah satu proses manufaktur dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian di tuangkan kedalam rongga

cetakan (*cavity*) yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat. Dalam hal ini dijelaskan prinsip dasar pengecoran logam adalah mencairkan logam dalam dapur kemudian menuangkan logam cair tersebut kedalam cetakan, yang mana cetakan itu memiliki kemampuan untuk tahan terhadap temperatur tinggi dengan bentuk rongga cetakan sesuai bentuk logam yang dibuat, kemudian dibiarkan dingin lalu membeku. Terdapat beberapa urutan kegiatan yang harus dilakukan dalam melakukan pengecoran logam diantaranya membuat cetakan pencairan logam, pembersihan logam, dan pemeriksaan hasil coran [18].

1. Pembuatan pola

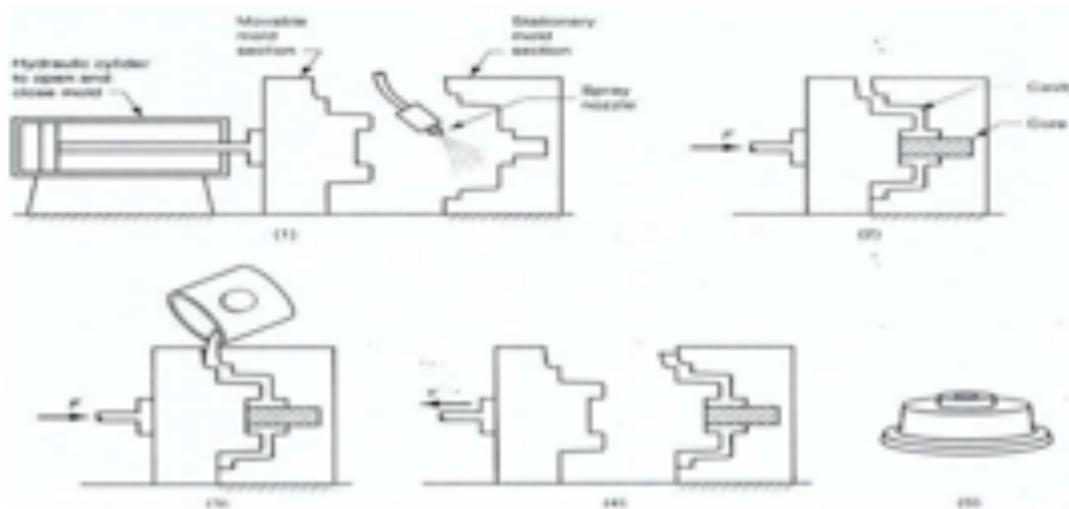
Pola merupakan bagian yang penting dalam proses pembuatan benda cor, karena itu yang akan menentukan bentuk dan ukuran dari benda cor. Pola yang digunakan untuk benda cor biasanya terbuat dari kayu, resin, lilin dan logam [2].

Sementara itu pola bisa dikatakan sebuah tiruan benda kerja yang akan diproduksi dengan teknik pengecoran, dengan toleransi atau suaian ukuran sesuai perhitungan pengecoran. Ukuran pola, biasanya lebih besar dari benda kerja dan hampir semua material cair, volumenya akan menyusut saat membeku.

2. Pembuatan cetakan logam

Cetakan berfungsi untuk menampung logam cair yang akan menghasilkan benda cor. Cetakan logam dibuat dengan menggunakan bahan yang terbuat dari logam. Cetakan jenis logam biasanya dipakai untuk industri-industri besar yang jumlah produksinya sangat banyak, sehingga sekali membuat cetakan bisa dipakai selamanya. Cetakan logam harus terbuat dari bahan yang lebih baik dan lebih kuat dari logam coran, karena dengan adanya cetakan yang lebih kuat maka cetakan tidak akan terkikis oleh logam coran yang akan dituang.

Pengecoran cetakan permanen menggunakan cetakan logam yang terdiri dari dua bagian untuk memudahkan pembukaannya dan penutupnya. Pada umumnya cetakan ini terbuat dari baja atau besi tuang [16]. Logam yang biasanya dicor dengan cetakan ini antara lain aluminium, magnesium, paduan tembaga, dan besi tuang. Pengecoran dilakukakn melalui beberapa tahapan seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Tahapan pengecoran dengan cetakan permanen [18]

Berbagai pengecoran cetakan permanen yang terbuat dari cetakan logam:

- Pengecoran tuang (*slush casting*)
- Pengecoran bertekanan rendah (*low pressure casting*)
- Pengecoran cetakan permanen vakum (*vacuum permanent mold casting*)
- Pengecoran cetak tekan (*squeeze casting*)
- Pengecoran sentrifugal

3. Peleburan (pencairan logam)

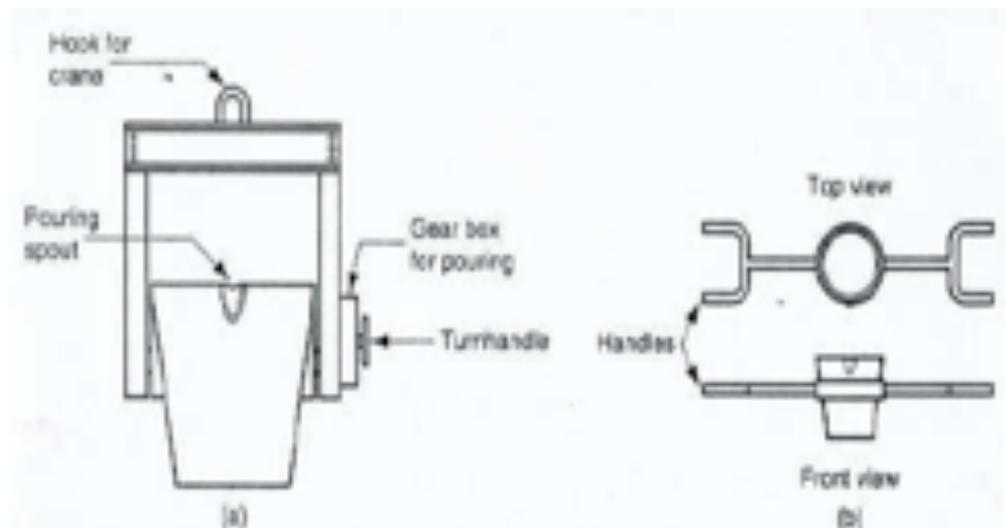
Untuk mencairkan bahan coran diperlukan alat yang dinamakan dapur pemanas. Dalam proses peleburan bahan coran ada dua dapur pemanas yang digunakan yaitu dengan menggunakan dapur kupola atau dengan menggunakan dapur tanur induksi. Kedua jenis dapur tersebut yang sering digunakan oleh industri adalah tanur induksi frekuensi rendah karena mempunyai beberapa keuntungan [18]. Keuntungan tersebut adalah mudah mengatur komposisi yang teratur, kehilangan logam yang sedikit, kemungkinan menggunakan logam yang bermutu rendah, efisiensi tenaga kerja, dapat memperbaiki persyaratan kerja. Beberapa jenis dapur peleburan yang sering digunakan dalam bengkel cor adalah:

- a. Kupola
- b. Dapur pembakaran langsung (*direct fuel-fired furnace*)
- c. Dapur krusibel (*crusibel furnace*)
- d. Dapur busur listrik (*electrical-arc furnace*)
- e. Dapur induksi (*induction furnace*)

Pemilihan dapur tergantung pada beberapa faktor, seperti paduan logam yang akan dicor, temperatur lebur dan temperatur penuangan, kapasitas dapur yang dibutuhkan, biaya investasi, pengoprasian, pemeliharaan, dan polusi terhadap lingkungan.

4. Penuangan

Penuangan adalah memindahkan logam cair dari dapur pemanas ke dalam cetakan dengan bantuan alat yang disebut ladle yang disebutkan pada Gambar 5 kemudian dituangkan ke dalam cetakan. Ladle berbentuk cerucut dan biasanya terbuat dari plat baja yang dilapisi oleh batu tahan api. Saat penuangan di usahakan sedekat mungkin dengan dapur sehingga dapat menghindari logam coran yang membeku sebelum mencapai cetakan yang diinginkan.



Gambar 5. Dua jenis ladle yang umum digunakan (a) ladle kran, dan (b) ladle dua orang [18].

5. Membongkar dan membersihkan coran

Pada prinsipnya pembongkaran hasil pengecoran logam dari cetakan dilakukan secara langsung atau mekanis. Setelah benda cetakan membeku atau dingin sampai temperatur rendah, cetakan dibongkar, tempat pembongkaran harus memiliki sarana ventilasi udara yang baik. Setelah produk coran membeku dan dikeluarkan dari cetakan, selanjutnya dilakukan beberapa tahapan pekerjaan lanjutan yaitu :

- a. Pemangkasan (*trimming*)
- b. Pelepasan inti
- c. Pembersihan permukaan

- d. Pemeriksaan
- e. Perbaiki (*repair*) bila diperlukan

6. Pemeriksaan coran

Pada proses pengecoran pemeriksaan hasil coran mempunyai tujuan yang memelihara kualitas dan penyempurnaan teknik. Dari pemeriksaan maka akan diketahui kekurangan suatu proses yang telah dilakukan, dimana adanya kekurangan tersebut akan meningkatkan hasil yang berkualitas, untuk mendapatkan sifat aluminium yang baru bisa dilakukan dengan jalan menambahkan unsur-unsur paduan kedalam aluminium murni. Namun ada juga yang melakukan penggabungan beberapa paduan aluminium dengan jalan pengecoran (penuangan) untuk memperoleh sifat mekanis bahan yang lebih baik.

Berikut ini adalah proses pengecoran pada aluminium tuang pembuatan piston dibuat dengan memanaskan paduan Al-Si hingga sampai mencair, kemudian cairan paduan Al-Si dituang dalam cetakan piston.

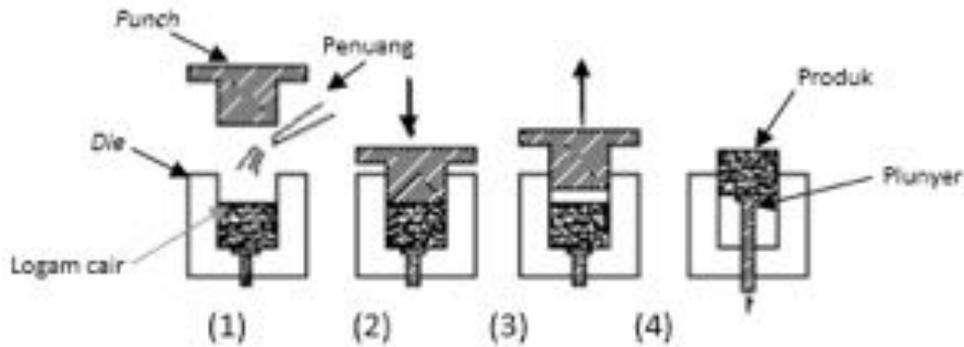
5.7 Pengecoran *Squeeze* (*Squeeze Casting*)

Pengecoran *squeeze* sering digambarkan sebagai suatu proses dimana logam cair dibekukan di bawah tekanan eksternal yang relatif tinggi. Proses ini mengkombinasikan proses *forging* dan *casting*. Pengecoran *squeeze* disebut juga penempaan logam cair (*liquid metal forging*). Proses pemadatan logam cair dilakukan di dalam cetakan yang ditekan dengan tenaga hidrolis. Penekanan logam cair oleh permukaan cetakan akan menghasilkan perpindahan panas dan menghasilkan penurunan porositas seperti sering terjadi pada produk cor besi tempa (*wrought iron*). Penekanan juga berfungsi untuk membuat produk yang rumit [19].

Hasil proses penempaan logam cair adalah produk yang mendekati ukuran standarnya (*near-net shape*) dengan kualitas yang baik. Sedangkan struktur mikro hasil pengecoran *squeeze* terlihat lebih padat dibandingkan dengan hasil pengecoran dengan gravitasi. Hal ini dikarenakan kontak logam cair dengan permukaan *die* memungkinkan terjadinya perpindahan panas yang cukup cepat sehingga menghasilkan struktur mikro yang homogen dengan sifat mekanik yang baik. Berdasarkan mekanisme pengisian logam cair ke dalam *die*, pengecoran *squeeze* dikategorikan menjadi 2 jenis, yaitu: *direct squeeze casting* dan *indirect squeeze casting* [19].

1. DSC (*Direct Squeeze Casting*)

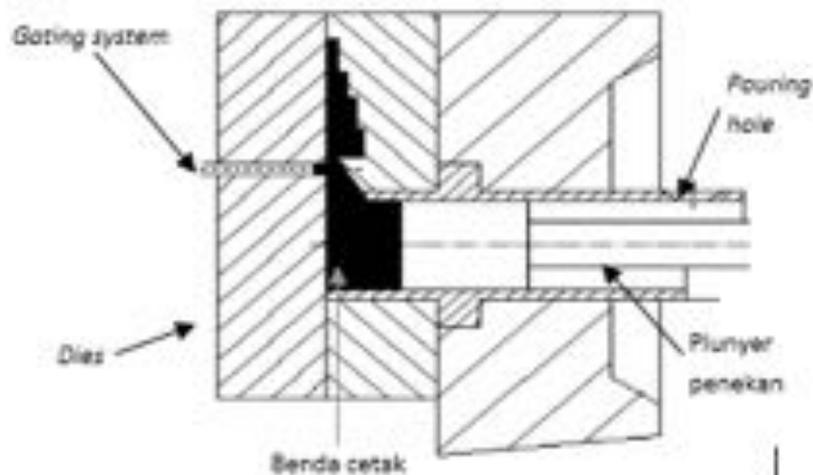
DSC merupakan proses pengecoran dimana logam cair didinginkan melalui pemberian tekanan secara langsung yang diharapkan mampu mencegah munculnya porositas gas dan penyusutan [19]. Mekanisme DSC dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Mekanisme *Direct Squeeze Casting* [18].

2. ISC (*Indirect Squeeze Casting*)

Istilah *indirect* dipakai untuk menggambarkan injeksi logam ke dalam rongga cetakan dengan bantuan piston berdiameter kecil dimana mekanisme penekan ini dipertahankan sampai logam cair membeku seperti terlihat pada Gambar 7 [19].



Gambar 7. Mekanisme *Indirect Squeeze Casting* [19]

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT RISET

Tujuan

1. Mengembangkan teknologi manufaktur komposit aluminium untuk aplikasi komponen otomotif melalui teknologi *squeeze casting*.
2. Mempelajari hubungan antara fraksi volume partikel penguat dengan karakteristik mekanik komposit seperti kekerasan, kekuatan dan ketahanan aus.
3. Menganalisis struktur makro dan mikro hasil pengecoran *squeeze casting* pada komponen otomotif piston.

Manfaat Riset

Riset ini penting untuk dilakukan karena memberikan manfaat dalam beberapa hal sekaligus, yaitu dalam jangka panjang diharapkan bahwa hasil riset ini dapat membuka peluang pengembangan material untuk komponen otomotif secara mandiri, untuk meningkatkan daya saing bangsa; serta mengembangkan teknologi manufaktur yang sesuai untuk menghasilkan komposit matriks aluminium.

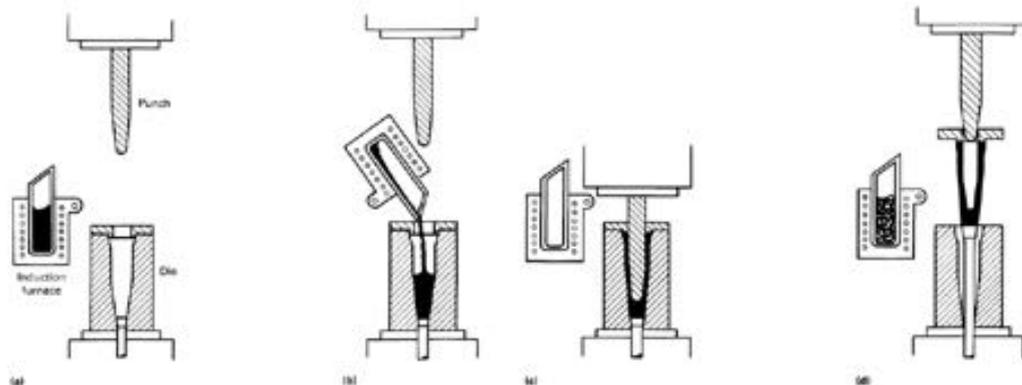
Hasil riset ini diharapkan dapat memperkuat sistem inovasi nasional di bidang industri manufaktur dengan diperolehnya teknologi yang dapat diaplikasikan untuk membuat komponen otomotif yang ringan dengan karakteristik yang unggul, disamping itu aluminium merupakan logam yang telah diproduksi secara mandiri di Indonesia, sehingga pengembangannya akan memberdayakan industri dalam negeri.

BAB 4. METODE PENELITIAN

Pendekatan Teoritik

Metode *squeeze casting* adalah suatu proses dimana logam cair didinginkan dengan diberikan tekanan, umumnya proses ini mengkombinasikan keuntungan proses penempaan dan pengecoran. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Souissi *et al* [20] metode *squeeze casting* dapat mengurangi porositas akibat pemberian tekanan selama proses pembekuan, selain itu metode *squeeze casting* juga dapat menambah kekerasan paduan aluminium. Selain untuk manufaktur paduan aluminium, proses ini juga telah dikembangkan untuk membuat komposit berbasis matriks aluminium dengan hasil yang memuaskan [21].

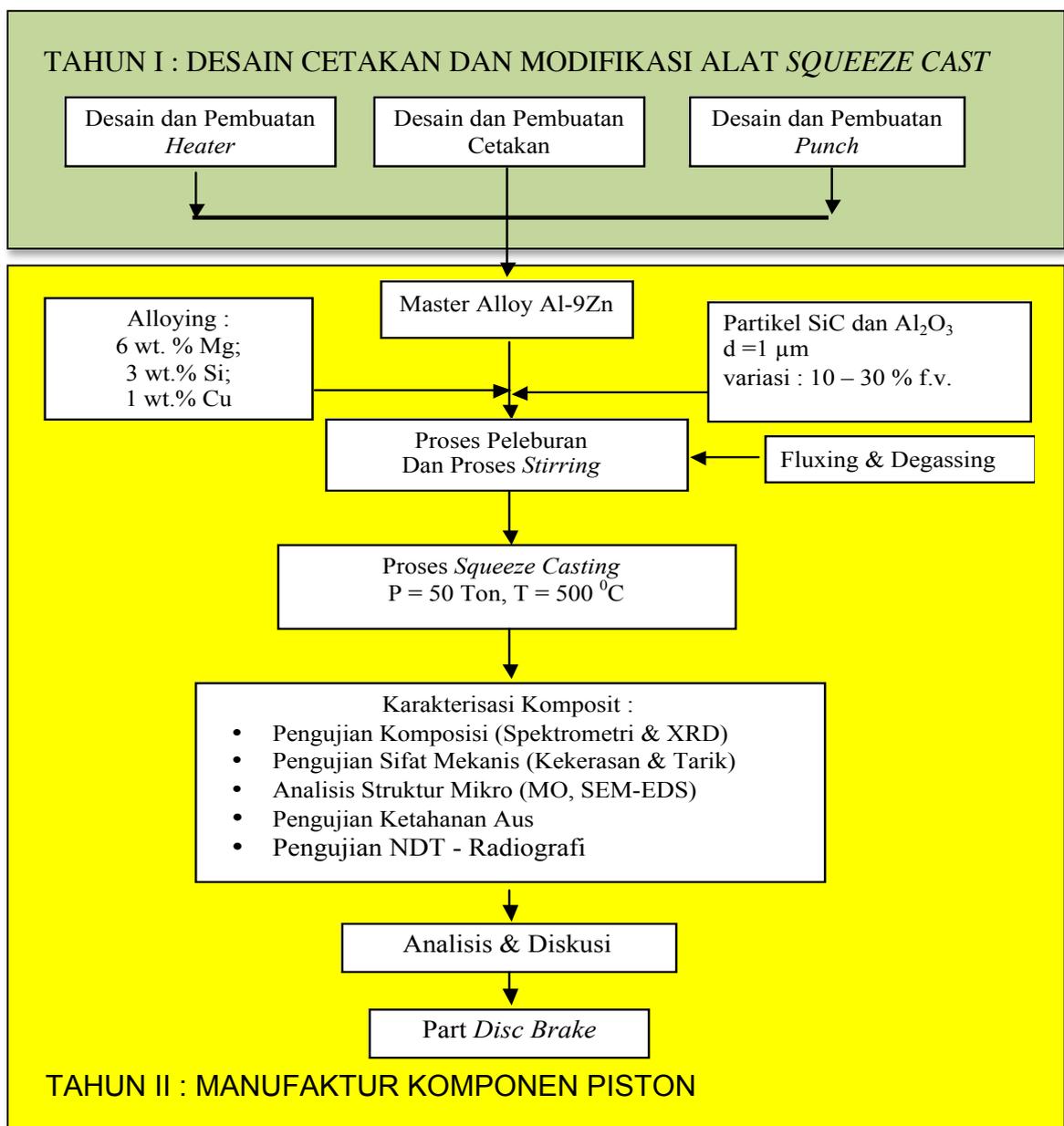
Pada penelitian ini digunakan metode *squeeze casting* untuk membuat komposit. *Squeeze casting* atau dikenal sebagai pembentukan logam cair (*liquid metal forging*) yaitu sebuah proses logam cair membeku dibawah tekanan dengan cetakan tertutup yang diposisikan antara pelat pada cetakan hidrolik. Tekanan yang diberikan dan kontak instan antara logam cair dengan permukaan menciptakan kondisi transfer panas yang cepat menghasilkan hasil pengecoran dengan butir halus yang bebas porositas dengan sifat mekanik yang mendekati hasil dari proses tempa [21].



Gambar 8. Ilustrasi skematis dari proses *squeeze casting* [21].

Gambar 8 merupakan ilustrasi mekanisme proses *squeeze casting*. Lelehan logam dimasukkan ke cetakan lalu dari atas dilakukan penutupan cetakan dengan menggunakan tekanan. Parameter utama yang berpengaruh pada struktur mikro hasil *squeeze casting*

adalah kelebihan panas lelehan, temperatur pemanasan cetakan, level tekanan yang diberikan, dan waktu jeda antara penuangan lelehan ke cetakan dan pemberian tekanan [21]. Tekanan yang diberikan dapat mencegah terjadinya porositas penyusutan dan porositas gas. Pemberian tekanan tinggi cukup untuk menekan terjadinya porositas gas kecuali untuk kasus yang ekstrim, dimana dibutuhkan perlakuan *degassing* standar. Tekanan yang biasa diaplikasikan dari 50-140 MPa, namun paling sering digunakan adalah pada 70 MPa [21].



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

Pada komposit dengan komposisi SiC yang rendah, waktu solidifikasi umumnya akan lebih sedikit dan laju pendinginan akan lebih tinggi dibandingkan dengan matriks, karena kandungan panas dari komposit lebih rendah dibandingkan paduan matriks. Pemberian Mg juga akan meningkatkan pembasahan antara coran dan cetakan. Oleh karena itu laju dari aliran panas akan lebih besar pada komposit dibandingkan dengan paduan. Pada komposit akan terjadi kenaikan temperatur secara tiba-tiba sedangkan terjadi jeda waktu pada paduan. Karena itu, pada paduan diperlukan pemanasan secara terus-menerus sampai level tekanan tertentu, sedangkan *squeeze casting* pada komposit, pemanasan tidak perlu dilakukan secara terus-menerus [21].

Untuk mencapai pengembangan komposit matriks aluminium berpenguat partikel alumina dengan karakteristik yang baik, maka riset dirancang mengikuti diagram alir seperti terlihat pada Gambar 3. Material awal yang digunakan adalah ingot Al-Zn dengan kandungan unsur paduan Zn sebesar 9 % dan diberikan penambahan unsur paduan 6 wt. % Mg, 1 wt. % Cu dan 3 wt.% Si. Sedangkan alumina yang digunakan adalah dalam bentuk serbuk berukuran 1 μm dengan variasi fraksi volume 10, 20 dan 30 %.

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada riset ini adalah :

1. Desain dan pembuatan peralatan proses manufaktur komposit, serta optimasi parameter proses (Tahun I). Tahapan yang akan dilakukan adalah :
 - Pembuatan desain komponen piston, menggunakan *software PROENG*.
 - Pembuatan desain cetakan logam dengan *software Z-Cast* dan proses manufaktur cetakan.
 - Pembuatan *heater* dan *punch* mesin *squeeze casting* yang tahan temperatur tinggi.
2. Proses pembuatan komponen piston dari komposit matriks aluminium dengan penguat SiC dan alumina dengan optimasi kandungan penguat (Tahun II).

Tahapan yang akan dilakukan adalah :

- Proses peleburan paduan aluminium dilakukan dalam dapur lebur berbahan bakar gas dengan temperatur lebur 820-850°C.
 - Proses pengecoran *squeeze casting* dilakukan untuk menghasilkan matriks paduan aluminium berpenguat partikel alumina diberikan dengan proses pengadukan dengan kecepatan 7500 rpm lalu ditekan dengan tekanan 50 Ton.
3. Karakterisasi komposit matriks aluminium.

- Pengujian komposisi pada paduan aluminium dan alumina, dengan Spektro, XRD.
- Analisis struktur mikro dan permukaan patahan dengan mikroskop optik dan SEM.
- Pengujian Mekanis, berupa pengujian Kekerasan dan tarik serta ketahanan aus.
- Pengujian Tidak Merusak (NDT) dengan metode radiografi.

Tempat Riset

- Proses persiapan pembuatan komposit, baik proses pengecoran maupun desain dilakukan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Pancasila.
- Karakterisasi material berupa pengujian sifat mekanis dan pengamatan struktur mikro dengan mikroskop optik dan SEM/EDS dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Pancasila dan Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI, sedangkan pengujian radiografi dilakukan di Puspitek Serpong.

Luaran yang Ditargetkan

Tahun Pertama

1. Perolehan teknologi *squeeze casting* berupa desain cetakan dan modifikasi *heater* untuk proses manufaktur material yang terbuat dari komposit matriks aluminium berpenguat partikel silikon karbida dan aluminium oksida.
2. Satu presentasi oral dalam seminar nasional.

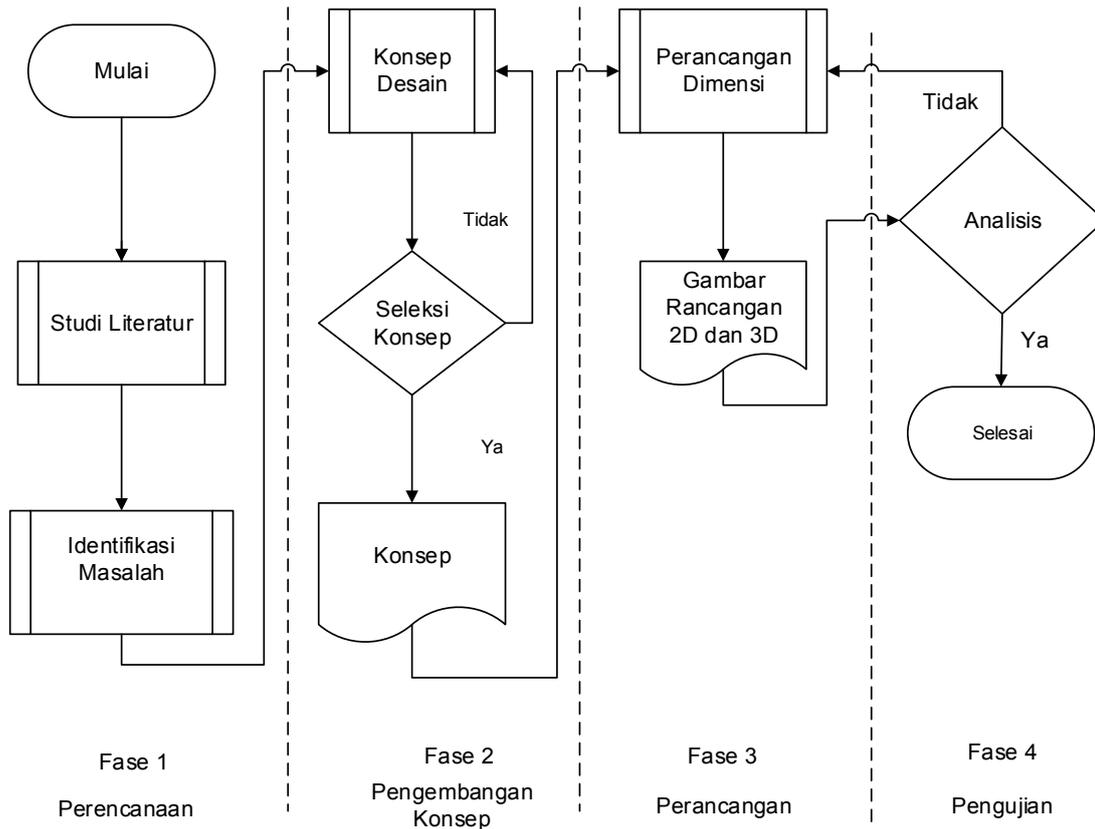
Tahun Kedua

1. Perolehan komponen piston berbasis aluminium untuk komponen otomotif yang mempunyai karakteristik yang unggul.
2. Satu presentasi oral dalam seminar internasional.
3. Satu Jurnal Internasional

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Proses Perancangan Piston

Proses perancangan piston dilakukan dengan mengikuti tahapan-tahapan pada Gambar 10 sebagai berikut :



Gambar 10. Diagram Alir Proses Perancangan Piston

Dalam perancangan piston ini, metode perancangan adalah menggunakan metode Karl. T Ulrich dan Steven D. Eppinger. Proses perancangan dengan metode Karl. T Ulrich dan Steven D. Eppinger dengan beberapa tahapan yaitu Perencanaan, Pengembangan Konsep, Perancangan, dan Pengujian melalui simulasi Software *Pro Engineering*.

1. Perencanaan (fase-1)

Perencanaan terdiri dari tahapan pengerjaan yaitu identifikasi masalah dan pernyataan misi.

1) Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan secara pasif dengan mengumpulkan data dari internet dan pengamatan langsung di bengkel Toyota dibagian service maintenance. Hasil dari pengumpulan data tersebut menunjukkan bahwa banyak permasalahan yang terjadi pada piston mobil yaitu piston ring lengket, penumpukan karbon pada head piston, goresan pada piston, grove piston aus dan piston yang berubah bentuk. Piston yang tersedia di pasaran umumnya terbuat dari Alumunium, sehingga memunculkan ide untuk merancang piston menggunakan material komposit matrik (Al-Zn) berpenguat Alumina (Al_2O_3) dengan metode Squeeze Casting. Dengan adanya perancangan piston ini maka dapat mengurangi permasalahan piston pada kendaraan mobil MPV 1300 CC.

2) Pernyataan misi

Kendaraan mobil termasuk jenis mesin pembakaran dalam, dimana dalam proses kerjanya terjadi pembakaran yang mengakibatkan timbulnya perubahan temperatur (thermal cycling) sesuai dengan besar kecilnya tenaga atau kecepatan yang dihasilkan oleh mesin. Kemampuan mesin untuk mengatasi thermal cycling sangat ditentukan oleh penggunaan material dari komponen mesin itu sendiri, dimana dalam hal ini komponen yang paling besar pengaruhnya terhadap kinerja mesin adalah piston. Banyak permasalahan yang terjadi pada piston mobil yaitu piston ring lengket, penumpukan karbon pada head piston, goresan pada piston, grove piston aus dan piston yang berubah bentuk. Pada piston menggunakan material komposit matrik (Al-Zn) berpenguat Alumina (Al_2O_3) ini akan diharapkan dapat menjadi solusi bagi kendaraan mobil MPV 1300 CC.

2. Pengembangan Konsep (Fase-2)

Fase ini mempunyai tahapan-tahapan pengerjaan sebagai berikut :

a. identifikasi kebutuhan pelanggan

Identifikasi kebutuhan pelanggan memiliki beberapa proses pengerjaan yaitu :

1) Mengumpulkan data mentah dari konsumen

Data mentah diperoleh dari pemberian kuisioner kepada produsen tahu, pedagang tahu, dan ibu rumah tangga. Kuisisioner terlampir.

2) Menginterpretasi data mentah kedalam kebutuhan pelanggan

Pada tahap ini pernyataan dalam kuisioner diranagkum dan dijadikan sebagai kebutuhan pelanggan.

3) Mengorganisasi kebutuhan pelanggan sesuai hierarkinya

Tabel 2. Daftar Hierarki

No	Kebutuhan	Kepentingan
1	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan Tahan Panas	39
2	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan Tahan Aus	42
3	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan Tahan Retak	38
4	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan tahan ring lengket pada piston	33
5	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan Tahan Gores pada piston	38
6	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan Tidak berubah bentuk	37
7	Piston material komposit memiliki ukuran dimensi pada piston 72 x 46 mm	39
8	Piston material komposit memiliki umur pakai yang lama.	44
9	Piston material komposit memiliki berat yang ringan	41
10	Piston material komposit mudah di produksi	29

4) Menetapkan tingkat kepentingan dari kebutuhan pelanggan yang didasarkan kepada hirarki kebutuhan pelangggan.

b. Spesifikasi Produk

Spesifikasi dari produk ditentukan untuk melihat kebutuhan dari pelanggan yang penting untuk diperhatikan sehubungan dengan geometri, harga dan proses produksi dari proses perancangn piston mobil. Tingkat kepentingan tersebut dapat terlihat dari hubungan antara tingkat kepentingan dengan kebutuhan dari konsumen. Untuk menentukan spesifikasi produk terdiri dari 4 tahapan yaitu :

1) Menyiapkan daftar metrik. Daftar metrik untuk proses perancangan piston mobil dapat dilihat pada Tabel 3 dan tabel kebutuhan-kebutuhan merik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Kebutuhan Pelanggan

No	Kebutuhan	Kepentingan
1	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan Tahan Panas	3,9
2	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan Tahan Aus	4,2
3	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan Tahan Retak	3,8
4	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan tahan ring lengket pada piston	3,3
5	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan Tahan Gores pada piston	3,8
6	Piston material Komposit Matrik (Al-Zn) Berpenguat Alumina akan menghasilkan Tidak berubah bentuk	3,7
7	Piston material komposit memiliki ukuran dimensi pada piston 72 x 46 mm	3,9
8	Piston material komposit memiliki umur pakai yang lama.	4,4
9	Piston material komposit memiliki berat yang ringan	4,1
10	Piston material komposit mudah di produksi	2,9

Tabel 4.

Daftar Metrik Untuk Perancangan Piston Mobil Menggunakan Materil Komposit (Al-Zn) Berpenguat Alumina (Al_2O_3)

No Metrik	Kebutuhan	Metrik	Kepentingan
1	7, 9	Durasi pembuatan piston	3
2	7, 9, 10	Biaya pembuatan	2
3	7,10,9	Kemudahan pembuatan	3
4	9,7	Material piston ringan	3
5	1,8	Ketahanan piston terhadap retak	2
6	2,8	Ketahanan piston terhadap ring lengket	1
7	3,8	Ketahanan piston terhadap panas	5
8	4,8	Ketahanan piston terhadap piston retak	5
9	6,8	Ketahanan piston terhadap berubah bentuk	4
10	5,8	Ketahanan piston terhadap Goresan	4

A. Tabel perbandingan produk dengan pesaing

Tabel 5. Perbandingan Produk Pesaing

No Metrik	Kebutuhan	Metrik	Kepentingan	Satuan	Nilai Ideal
1.	7,9,10	Durasi pembuatan piston	3	mnt	240
2.	7	Dimensi piston	3	mm	72x46
3.	8	Umur Pakai Piston	4	Tahun	6
4.	1,2,3,4,5,6	Material yang digunakan : (Al-Zn + Al ₂ O ₃)	3	Kg	-
5.	1	Ketahanan Piston Terhadap Panas	5	-	-
6.	2	Ketahanan Piston Terhadap Aus	5	-	-
7.	5	Ketahanan Piston Terhadap Goresan	4	-	-
8.	4	Ketahanan Piston Terhadap Ring Lengket	3	-	-
9.	6	Ketahanan Piston Terhadap Berubah Bentuk	4	-	-
10.	7,9	Material Memiliki Berat yang Ringan	4	kg	<600

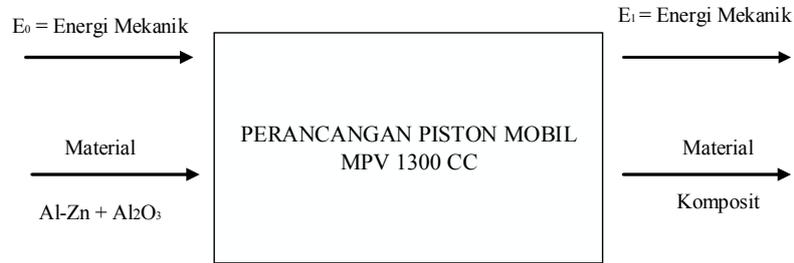
1) Spesifikasi produk

Tabel 6. Spesifikasi Produk

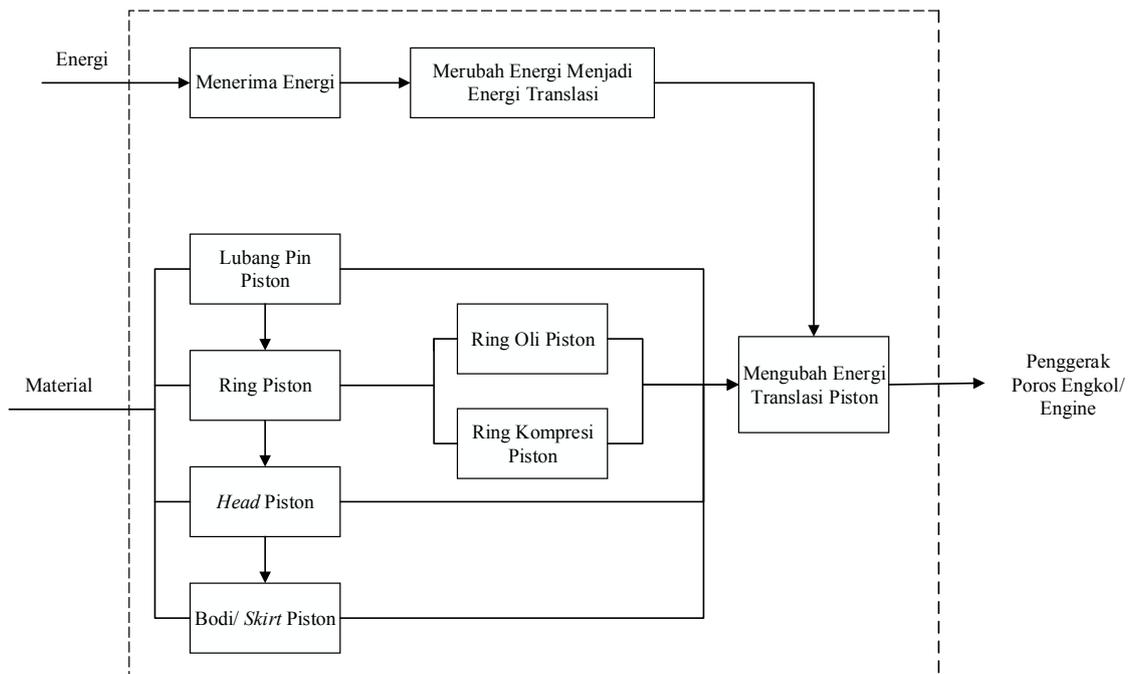
No Metrik	Kebutuhan	Metrik	Kepentingan	Satuan	Nilai Ideal
1	7	Dimensi Piston	3	mm	72 x 46
2	8	Umur Pakai	4	Tahun	6
3	9	Berat Piston Ringan	4	gram	<600
4	1,2,3,4,5,6	Material yang digunakan Al-Zn + Al ₂ O ₃	4	Kg	<600
5	1	Piston Tahan Terhadap Panas	5	-	-
6	2	Piston Tahan Terhadap Aus	5	-	-
7	4	Piston Tahan Terhadap Ring Lengket	3	-	-
8	5	Piston Tahan Terhadap Goresan	4	-	-
9	6	Piston Tahan Terhadap Berubah Bentuk	4	-	-
10	3	Piston Tahan Terhadap Retak	4	-	-

c. Aliran fungsi/ struktur fungsi :

1) Fungsi keseluruhan Perancangan Piston



Gambar 11. Fungsi keseluruhan



Gambar 12. Stuktur fungsi

Setelah masalah utama diketahui, kemudian dibuat struktur fungsi secara keseluruhan. Struktur fungsi ini digambarkan dengan balok diagram yang menunjukkan hubungan input dan output. Input dan output berupa aliran energi dan material. Fungsi keseluruhan dibuat setelah kita menentukan tugas dari bagian yang dirancang secara keseluruhan yang menjalankan tugas secara terperinci.

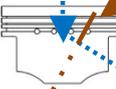
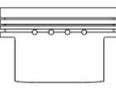
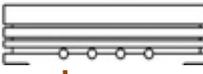
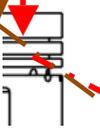
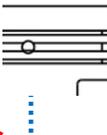
d. Tabel kombinasi konsep perancangan piston

Dalam proses ini perancangan yang menggunakan metode kombinasi solusi masalah, diperoleh dengan melakukan pemilihan terhadap minimal satu prinsip metode pengujian dengan satu solusi untuk setiap metode perancangan piston.

Dalam perancangan piston ini dipergunakan metode kombinasi. Untuk mendapatkan kombinasi terbaik harus dilakukan pengeleminasian dan pemilihan. Kriteria yang harus diperhatikan dalam memilih kombinasi adalah :

- a) Sesuai dengan fungsi keseluruhan
- b) Dapat diwujudkan
- c) Sesuai dengan biaya yang diijinkan

Tabel 7. Kombinasi Konsep Solusi Perancangan

No.	Sub fungsi	Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3
1	Head Piston	1-1 	1-2 	1-3 
2	Bodi / Skirt Piston	2-1 	2-2 	
3	Posisi Lubang Pelumasan Pada Ring Piston	3-1 	3-2 	3-3 
4	Susunan Ring	4-1 	4-2 	
5	Jumlah Ring	5-1 2 Ring 	5-2 3 Ring 	

V3 V2 V1

Apabila kombinasi masih cukup banyak, maka dalam memilih kombinasi terbaik yang harus diperhatikan :

- a) Segi keamanan dan kenyamanan komponen
- b) Ada kemungkinan pengembangan produk

Penambahan kriteria dalam pemilihan bisa dilakukan apabila kriteria dapat membantu dalam menentukan konsep kombinasi terbaik. Dari hasil kombinasi varian pada Tabel 7 dihasilkan kombinasi varian sebagai berikut :

- 1) Varian 1 : 1-3, 2-2, 3-1, 4-1, 5-2
- 2) Varian 2 : 1-1, 2-1, 3-2, 4-2, 5-2
- 3) Varian 3 : 1-2, 2-1, 3-1, 4-1, 5-2

Dalam pembuatan konsep varian kita harus memperhatikan segi teknik dan ekonominya. Konsep varian keluarin dari Tabel 12 dapat dibuatlah masing-masing konsep kombinasi varian seperti dibawah ini :

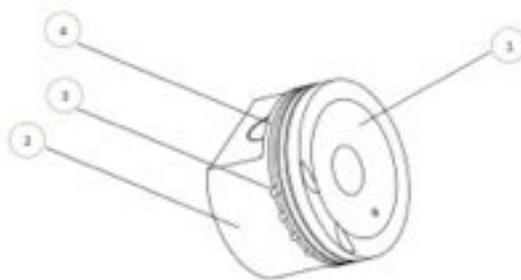
a) Konsep Kombinasi Varian 1

Konsep kombinasi varian 1 adalah perancangan piston menggunakan *head* piston dengan lekukan ke dalam dilengkapi dengan 2 buah coakan yang berfungsi untuk posisi katup, jumlah ring pada piston varian 1 ini ada 3 buah alur ring diantaranya 2 ring kompresi dan 1 ring pelumasan, pada ring pelumasan terdiri dari 4 buah lubang untuk pelumasan antara bodi/ *Skirt* Piston terhadap dinding silinder.



Gambar 13. Konsep kombinasi varian 1

Seperti pada Gambar 13 adalah konsep rancangan varian 1 dengan bentuk 3D beserta kelengkapan komponen-komponen yang lainnya.

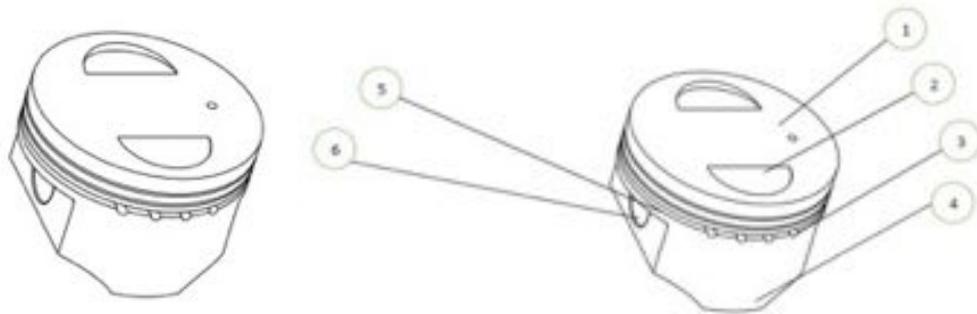


Gambar 14. Bentuk 3D konsep varian 1

Keterangan gambar :

1. *Head Piston*
 2. Bodi/ Skirt Piston
 3. Posisi Lubang Pelumasan Pada Ring Piston
 4. Susunan Ring
- b) Konsep Kombinasi Varian 2

Konsep kombinasi 2 adalah perancangan piston menggunakan *head* piston datar dilengkapi dengan 2 buah coakan yang berfungsi untuk posisi katup, jumlah ring pada piston varian 1 ini ada 3 buah alur ring diantaranya 2 ring kompresi dan 1 ring pelumasan, pada ring pelumasan terdiri dari 4 buah lubang untuk pelumasan antara bodi/ *Skirt* Piston terhadap dinding silinder. Seperti pada Gambar 15 adalah konsep rancangan varian 2 dengan bentuk 3D beserta kelengkapan komponen-komponen yang lainnya.



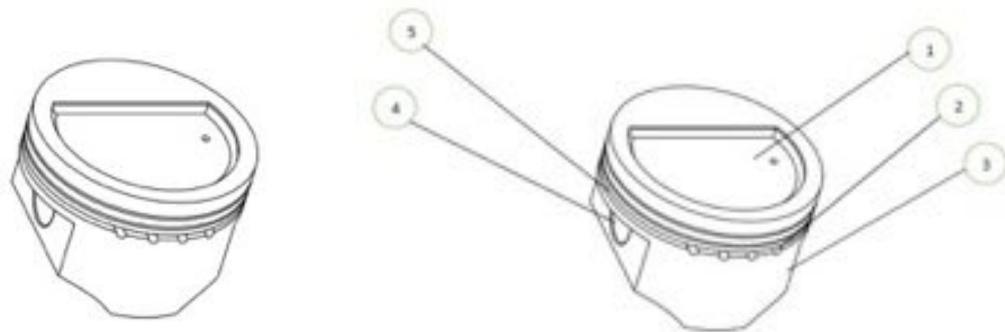
Gambar 15. a. Konsep Kombinasi Varian 2
b. Bentuk 3D Konsep Varian 2

Keterangan gambar :

1. *Head Piston*
2. Lubang Katup
3. Posisi Lubang Pelumasan Pada Ring Piston
4. Bodi / *Skirt* Piston
5. Susunan Ring Piston
6. Lubang Pen Piston

c) Konsep Kombinasi Varian 3

Konsep kombinasi 2 adalah perancangan piston menggunakan *head* semi datar dilengkapi dengan sebuah *chamfer* yang berfungsi untuk menempatkan ruang bahan bakar, jumlah ring pada piston varian 1 ini ada 3 buah alur ring diantaranya 2 ring kompresi dan 1 ring pelumasan, pada ring pelumasan terdiri dari 4 buah lubang untuk pelumasan antara bodi/ *Skirt* Piston terhadap dinding silinder. Seperti pada Gambar 16 adalah konsep rancangan varian 3 dengan bentuk 3D beserta kelengkapan komponen-komponen yang lainnya.



Gambar 16. a. Konsep Kombinasi Varian 3

b. Bentuk 3D Konsep Varian 3

Keterangan gambar :

1. *Head Piston*
2. Posisi Lubang Pelumasan Pada Ring Piston
3. Bodi / *Skirt* Piston
4. Lubang Pen Piston
5. Susunan Ring Piston

Tabel 8. Matrik Untuk Seleksi Konsep

Kriteria	Konsep Kombinasi		
	1	2	3
Dimensi Piston	0	0	+
Umur Pakai	+	+	+
Berat Piston Ringan	-	0	+
Material yang digunakan Al-Zn + Al ₂ O ₃	+	+	+
Piston Tahan Terhadap Panas	0	0	+
Piston Tahan Terhadap Aus	-	0	+
Piston Tahan Terhadap Ring Lengket	-	-	0
Piston Tahan Terhadap Goresan	-	0	-
Piston Tahan Terhadap Berubah Bentuk	-	0	0
Jumlah "+"	2	2	7
Jumlah "0"	2	6	2
Jumlah "-"	5	1	1
Total	9	9	10
Peringkat	3	2	1
Lanjutkan ?	tidak	tidak	ya

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa konsep kombinasi 3 memiliki keunggulan dibandingkan konsep-konsep lainnya. Maka dari itu diputuskan bahwa konsep kombinasi 3 yang akan diproduksi dan dipasarkan. Konsep kombinasi 3 dijadikan (referensi/patokan) konsep produk kombinasi 1 dan kombinasi 2.

e. Penilaian konsep

Setelah melakukan pertimbangan atas pilihan konsep produk yang telah ditetapkan dibandingkan dengan salah satu konsep produk yang ditetapkan sebagai referensi maka, selanjutnya dilakukan pemberian penilaian untuk masing-masing konsep produk dalam bentuk matrik, seperti pada Tabel 9. Dari Tabel 9 tentang penilaian konsep maka di dapat pada total nilai yang paling tertinggi yaitu pada kombinasi 3 atau pada varian 3, maka pada varian 3 ini yang akan dipilih untuk proses produksi.

Tabel 9. Tabel Penilaian Konsep

Kriteria	Bobot	Konsep Kombinasi 1		Konsep Kombinasi 2		Konsep Kombinasi 3	
		Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai
Dimensi Piston	5 %	2	0.1	3	0.15	3	0.15
Umur Pakai	15%	3	0.45	4	0.45	4	0.45
Berat Piston Ringan	10%	2	0.2	3	0.2	5	0.5
Material yang digunakan Al-Zn + Al ₂ O ₃	15%	4	0.6	4	0.6	5	0.75
Piston Tahan Terhadap Panas	20%	2	0.4	4	0.8	4	0.8
Piston Tahan Terhadap Aus	15%	4	0.6	5	0.75	4	0.6
Piston Tahan Terhadap Ring Lengket	5%	3	0.15	2	0.1	2	0.1
Piston Tahan Terhadap Goresan	10%	3	0.3	4	0.4	4	0.4
Piston Tahan Terhadap Berubah Bentuk	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Total	100%	2.95		3.60		3.9	
Peringkat		3		2		1	

3. Perancangan Perhitungan Dimensi Piston (Fase -3)

Dalam rangka Perancangan Piston, dibutuhkan data-data awal agar dalam perancangan dapat diketahui secara pasti tujuannya. Data – data awal yang dibutuhkan, yaitu :

$$N_e = \text{Daya kuda (BHP)} = 5.815 \text{ HP}$$

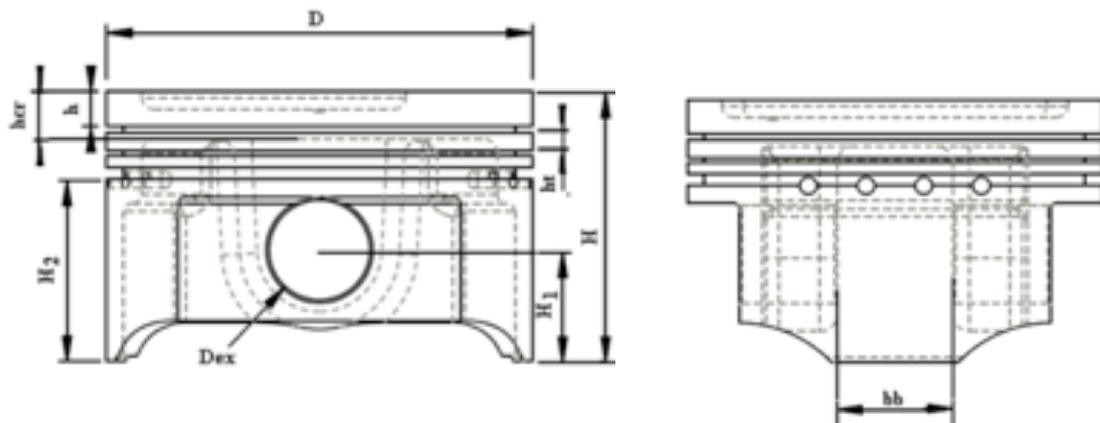
$$C_m = \text{Kecepatan rata-rata piston (7 – 22)} \approx 10 \text{ m/s}$$

$$z = \text{Stroke cycle ratio} \approx 2 \text{ untuk motor 4 tak}$$

$$P_e = \text{Tekanan efektif rata-rata} = 8,8 \text{ N/mm}^2$$

$$n = \text{putaran mesin } 8000 \text{ rpm}$$

$$V_d = 115 \text{ cc}$$



Gambar 17. Konstruksi dimensi piston

Keterangan Gambar :

- D = Diameter Head, (m)
- H = Tinggi Piston, (m)
- H = Tinggi puncak piston ke ring atas, (m)
- h_{cr} = Jarak antara ring piston, (m)
- h_{cr} = Tebal *piston crown*, (m)
- H_1 = Jarak antara sumbu pen piston dengan bawah piston, (m)
- H_2 = Tinggi Piston skrit, (m)
- bb = Jarak antara lubang pen, (m)

a. Perhitungan dimensi piston meliputi perhitungan – perhitungan sebagai berikut:

- Volume ruang bakar (V_c): 14.74 m^3 .
- Diameter dalam silinder liner = 0.0503 m
- Langkah Piston = $L = 0.0579 \text{ m}$
- Tinggi Piston (H) = 0.04527 m
- Tinggi dari puncak piston sampai alur ring teratas (h) = 0.004024 m
- Tebal puncak piston (h_{cr}). =

$$\text{Maka } h_{cr} = 0.08 \times 0.0503 = 0.004024 \text{ m}$$

- Tinggi alur ring piston (h_1) = 0.002515 m
- Tinggi piston skrit (H_2) = 0.0326 m

Untuk data parameter *carburetor engine* pada tabel *relative design parameter of piston* ^[9] yaitu (0.68 – 0.74) maka data yang digunakan untuk perhitungan desain piston diasumsikan 0.072 karena data ini sering digunakan pada perusahaan produksi piston.

- Jarak dari dasar piston hingga sumbu piston pen, H_1

Untuk data parameter *carburetor engine* pada tabel *relative design parameter of piston* ^[9] yaitu (0.41 – 0.61) maka data yang digunakan untuk perhitungan desain piston diasumsikan 0.52 karena data ini sering digunakan pada perusahaan produksi piston.

- Diameter luar pen (D_1) = 0.013078 m
- Jarak antara tengah – tengah piston pen (b_b) = 0.02012 m

4. Analisis Kekuatan Material Piston (Fase-4)

Pada tahap ini, ada 2 tahap analisis perhitungan kekuatan pada piston diantaranya adalah

- a. Analisis kekuatan dan perhitungan pada bagian *piston skirt*
- b. Analisis perhitungan kekuatan pada *piston crown*.

a. Analisis kekuatan dan perhitungan pada bagian *piston skirt*, dengan parameter yang ditentukan adalah :

1. Tekanan piston maksimal terhadap dinding liner.
2. Tekanan samping spesifikasi maksimal pada permukaan piston.

Piston *skrit* dinyatakan **AMAN** karena tekanan samping yang terjadi pada piston *skrit* adalah $0.245 \frac{N}{\text{cm}^2}$ dan masih berada dibawah tekanan samping ijin pada piston *skrit* ($q_n = 3 - 3,5 \frac{N}{\text{cm}^2}$.^[10]

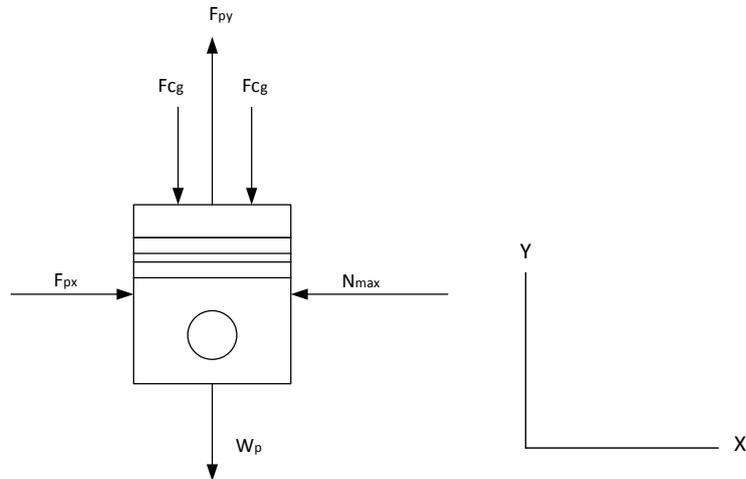
b. Analisis perhitungan kekuatan pada *piston crown*

Pada piston *crown* dianggap distribusi beban merata dari tekanan gas sisa pembakaran (P_2). Gaya tekan luasan setengah lingkaran *piston crown* = 602.850 N/m². Momen Bending yang terjadi dengan Asumsi $D_{i \text{ piston}} \approx D$, yaitu 321.920 Nm. Momen Tahanan lentur pada *piston crown* = 0.135 Nm.

Harga batas tegangan bending untuk material paduan alumunium adalah $\sigma_b = 500 - 900 \frac{N}{\text{m}^2}$, maka hasil perhitungan tegangan bending yaitu $238.459 \frac{N}{\text{m}^2}$ memenuhi syarat.

1. Gaya yang terjadi pada piston

Untuk mengetahui gaya-gaya yang bekerja pada piston dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 18. Diagram Benda Bebas Pada Piston

Pada Gambar 18 dapat dilihat bahwa F_{PY} merupakan gaya yang terjadi pada piston untuk komponen vertikal dan F_{PX} merupakan gaya yang terjadi pada piston untuk komponen horizontal. F_{cg} merupakan gaya tekanan luasan pada piston *crown*, N_{max} merupakan gaya tekanan maksimal pada piston skirt. Dari hasil perhitungan analisis bahwa gaya pada tekanan luasan pada piston *crown* (F_{cg}) didapat sebesar 602.850 N/m^2 dan gaya tekanan maksimal pada piston skirt (N_{max}) didapat sebesar 4.8568 N/m^2

5. Analisa Piston Dengan Menggunakan Simulasi *Pro Engineering* (CAE)

Simulasi dengan *Software pro engineering* guna mengetahui kekuatan material piston dengan menggunakan data sebagai berikut :

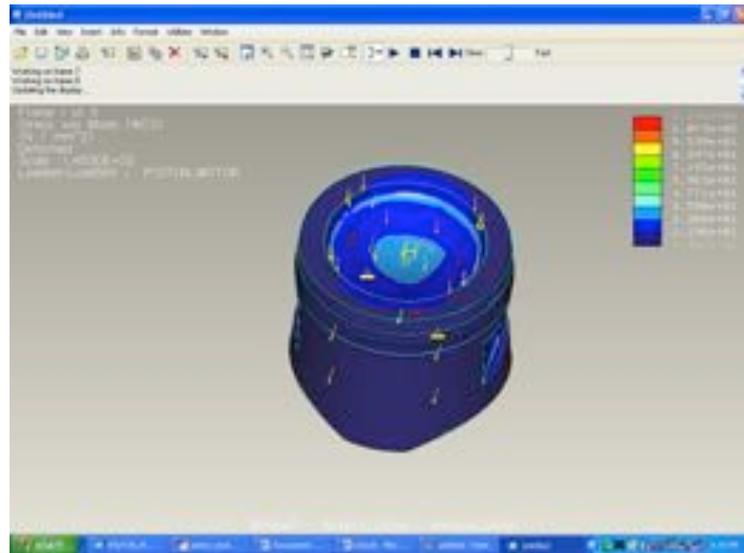
Tabel 10. Sifat Fisik Mekanis dan Termal Untuk Paduan Aluminium Seri 7000

<i>Physical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>Average value</i>
<i>Density</i>	2.72 - 2.89 g/cc	2.81 g/cc
<i>Mechanical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>Average value</i>
<i>Hardness, Brinell</i>	20.0 - 210	135
<i>Hardness, Knoop</i>	80.0 - 232	171
<i>Hardness, Rockwell A</i>	39.1 - 59.0	51.3
<i>Hardness, Rockwell B</i>	50.0 - 96.0	82.6
<i>Hardness, Vickers</i>	68.0 - 217	157
<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	70.0 - 750 MPa	445 MPa
<i>Yield Strength</i>	69.0 - 730 MPa	371 MPa
<i>Elongation at Break</i>	1.00 - 25.0 %	11.9 %
<i>Creep Strength</i>	434 - 538 MPa	477 MPa
<i>Rupture Strength</i>	469 - 552 MPa	513 MPa
<i>Modulus of Elasticity</i>	67.0 - 73.0 GPa	71.1 GPa
<i>Compressive Yield Strength</i>	372 - 669 MPa	491 MPa
<i>Compressive Modulus</i>	70.0 - 72.4 GPa	71.0 GPa
<i>Bearing Yield Strength</i>	538 - 910 MPa	729 MPa
<i>Poissons Ratio</i>	0.330	0.330
<i>Fatigue Strength</i>	140 - 425 MPa	180 MPa
<i>Fracture Toughness</i>	16.5 - 150 MPa-m ^{1/2}	40.2 MPa-m ^{1/2}
<i>Machinability</i>	70.0 - 90.0 %	76.7 % Grade
<i>Shear Modulus</i>	25.0 - 27.6 GPa	26.8 GPa Grade
<i>Shear Strength</i>	50.0 - 400 MPa	270 MPa Grade
<i>Compressive Modulus</i>	70.0 - 72.4 GPa	71.0 GPa Grade
<i>Thermal Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>Average value</i>
<i>CTE, linear</i>	21.4 - 25.5 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	23.7 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$
<i>Specific Heat Capacity</i>	0.856 - 0.960 J/g $\cdot^\circ\text{C}$	0.885 J/g $\cdot^\circ\text{C}$
<i>Thermal Conductivity</i>	115 - 222 W/m-K	153 W/m-K
<i>Melting Point</i>	476 - 657 $^\circ\text{C}$	575 $^\circ\text{C}$
<i>Solidus</i>	476 - 641 $^\circ\text{C}$	503 $^\circ\text{C}$
<i>Liquidus</i>	627 - 750 $^\circ\text{C}$	700 $^\circ\text{C}$
<i>Melting Point</i>	476 - 657 $^\circ\text{C}$	23.7 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$

Hasil setelah dilakukan analisis menggunakan *Software Pro Engineering* sebagai berikut :

- Analisis Tegangan (*Stress Von Misses*)

Tegangan *Von Misses* yang terjadi akibat beban yang diberikan pada piston ditampilkan pada Gambar 19.

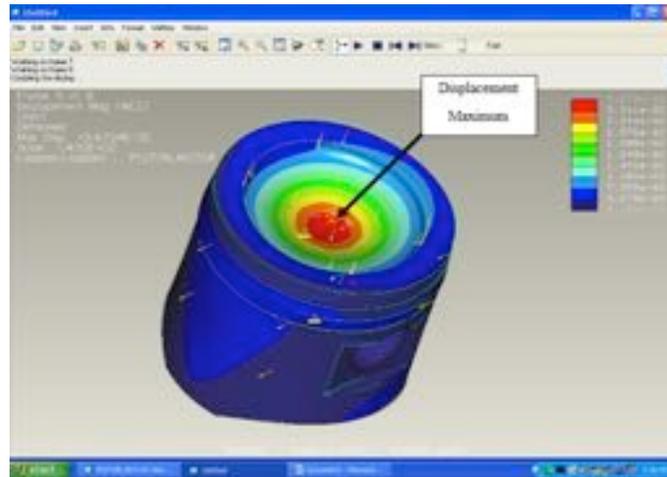


Gambar 19. Analisis Tegangan (*Stress Von Misses*)

Hasil tegangan (von mises stress) maksimum ditunjukkan dengan warna merah sebesar $1.197 \times 10^2 \text{ N/m}^2$ dan tegangan (von mises stress) minimum ditunjukkan dengan warna biru tua sebesar $1.585 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$. Analisis hasil tegangan maksimum ditunjukkan dengan warna biru muda dengan besar tegangan yang dihasilkan sebesar $5,963 \times 10^{-1} \text{ MPa}$. Maka dapat disimpulkan bahwa material komposit dengan paduan Aluminium (Al-Zn) dinyatakan aman, hal ini disebabkan besarnya tegangan hasil analisis menggunakan *Software Pro-Engineering* lebih kecil dari *Yield Strength* material untuk piston yang menggunakan asumsi paduan Aluminium seri 7000.

- Analisis *Displacement*

Analisis hasil *displacement* yang terjadi akibat beban keseluruhan seperti terlihat pada Gambar 21.



Gambar 20. Analisis *Displacement*

Dalam desain konstruksi mesin, besarnya angka keamanan harus lebih besar dari 1(satu). Faktor keamanan diberikan agar desain konstruksi dan komponen mesin dengan tujuan agar desain tersebut mempunyai ketahanan terhadap beban yang diterima ^[24]. Faktor keamanan yang digunakan pada piston dihitung berdasarkan perbandingan *Yield Strength* material untuk piston yang menggunakan asumsi paduan Aluminium seri 7000.

5.2 Proses perancangan

A. Desain rongga cetakan

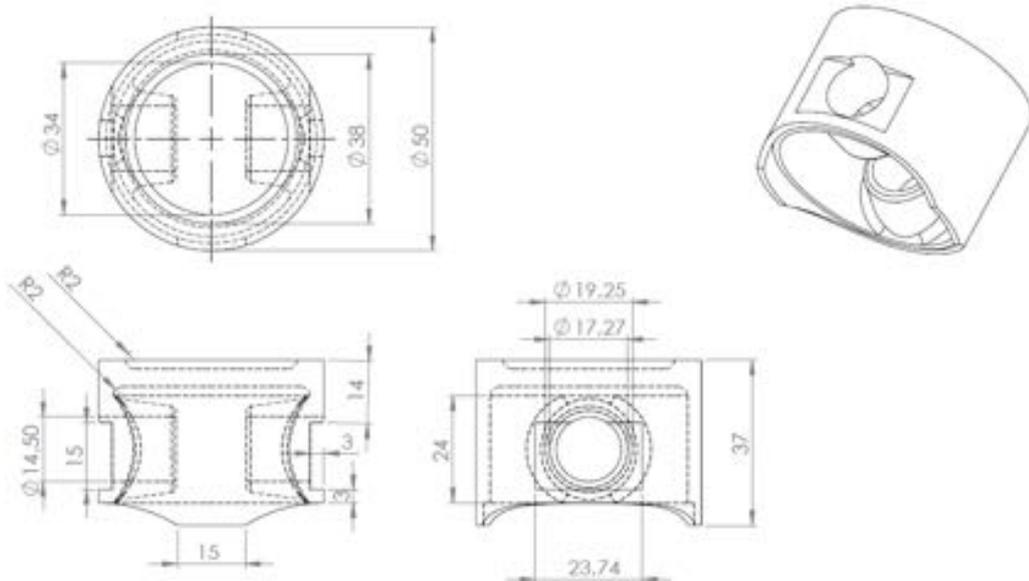
Dalam perancangan cetakan untuk membuat piston ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yang dapat menentukan cetakan yaitu: saluran masuk, *cavity*, *core*, cawan tuang, saluran turun, pengalir, dan saluran masuk.

1. *Cavity*

Cavity adalah tempat logam cair yang dituangkan kedalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan dibuat dengan menggunakan pola dimana untuk ukuran dari *cavity* ini memiliki diameter luar 50 mm, tinggi 32 mm, lubang pin berdiameter 19.25 mm dan tebal *head* piston 4 mm. *Design cavity* dilakukan dengan menggunakan *software solidworks 2015*.

Density	= 0,00 gr/mm ²
Mass	= 25.39 gr
Volume	= 25394.22 mm ²

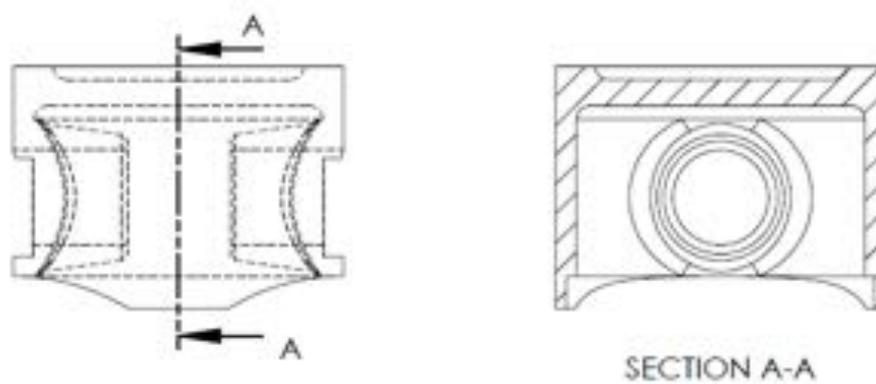
Dari hasil perhitungan menggunakan *software solidwork 2015* didapat nilai volume *cavity* sebesar 25394.22mm^3



Gambar 21. Desain Rongga Cetakan

2. Core (inti)

Core atau inti adalah rongga pada benda coran. Inti dibuat terpisah dengan cetakan dan dirakit pada saat cetakan akan digunakan. Bahan inti harus tahan menahan temperatur cair logam.



Gambar 22. Potongan melintang *core*

B. Perhitungan sistem saluran

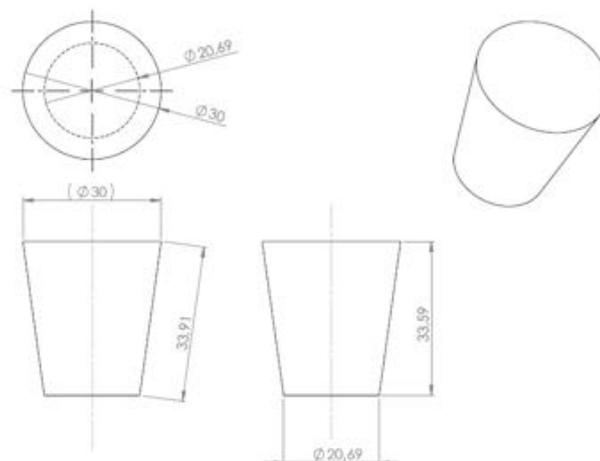
Dalam banyak hal operator pembuat cetakan menentukan sistem saluran untuk pengecoran serta empiris, sedangkan dibanyak pabrik pengecoran ahli sistem saluran menentukan dan membuat sistem saluran sebagai bagian dari pola dan menyerahkannya kepada operator pembuat cetakan, setidaknya-tidaknya, macam, tempat dan ukuran dari sistem saluran ditentukan menurut ukuran, bentuk dan tebal coran, serta waktu penuangan aliran logam.

Setelah v diketahui sehingga didapat $a = \frac{1}{2}$ dari v karena a merupakan irisan dari v , sehingga $a = 15.4029/2 = 7.7014$

$$Q = 15.4029 \times 7,7014 \\ = 118.6238 \text{ mm}^2/\text{s}$$

1. Saluran turun

Saluran turun adalah saluran yang pertama yang membawa cairan logam dari cawan tuang ke dalam pengalir dan saluran masuk. Saluran turun dibuat lurus dan tegak dengan irisan berupa lingkaran. Kadang-kadang irisannya sama dari atas sampai bawah dipakai kalau dibutuhkan pengisian yang cepat dan mengecil dari atas ke bawah dipakai apabila diperlukan penahanan kotoran sebanyak mungkin. Saluran turun dibuat dengan melubangi cetakan dengan mempergunakan satu batang atau dengan memasang bumbung tahan panas yang dibuat dari samot (batu tahan api). Samot ini cocok untuk membuat saluran turun yang panjang.



Gambar 23. Saluran turun cetakan

2. Pengalir

Desain cetakan ini tidak menggunakan pengalir dikarenakan cetakan ini hanya membentuk satu benda coran, sebab pengalir digunakan untuk menghubungkan benda cor satu ke benda cor lainnya dalam satu cetakan.

3. Saluran masuk

Saluran masuk adalah saluran yang menghubungkan antara pengalir ke masing-masing benda cor. Pada desain cetakan ini untuk saluran masuk tidak ada, dikarenakan tidak adanya pengalir pada desain cetakan ini.

C. Simulasi *Z-cast*

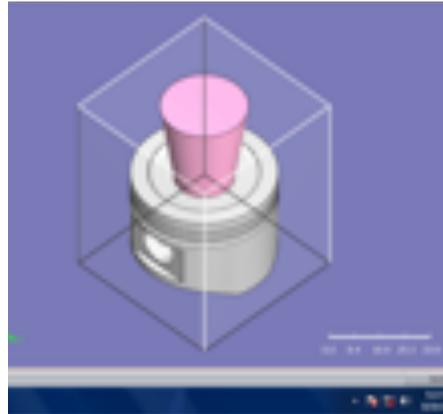
Z-cast merupakan *software* yang dibuat untuk mengetahui aliran dalam cetakan sebelum cetakan tersebut di lakukan pengecoran. Dalam penggunaan *software Z-cast* yang dapat dianalisis dengan menggunakan aplikasi ini adalah *flow-path marker*, *flow-solid fraction*, *flow-temperature*. Dalam proses pembuatan cetakan hal yang paling penting untuk diketahui adalah bagaimana dapat mengetahui laju aliran, pembekuan, dan juga temperatur agar dapat diketahui bagaimana nantinya hasil dari cetakan setelah diproses menjadi hasil yang utuh. Dengan menggunakan *software Z-castpro 3.0 (2000)*

Tabel 11. Material yang di *input* pada *software Z-cast*

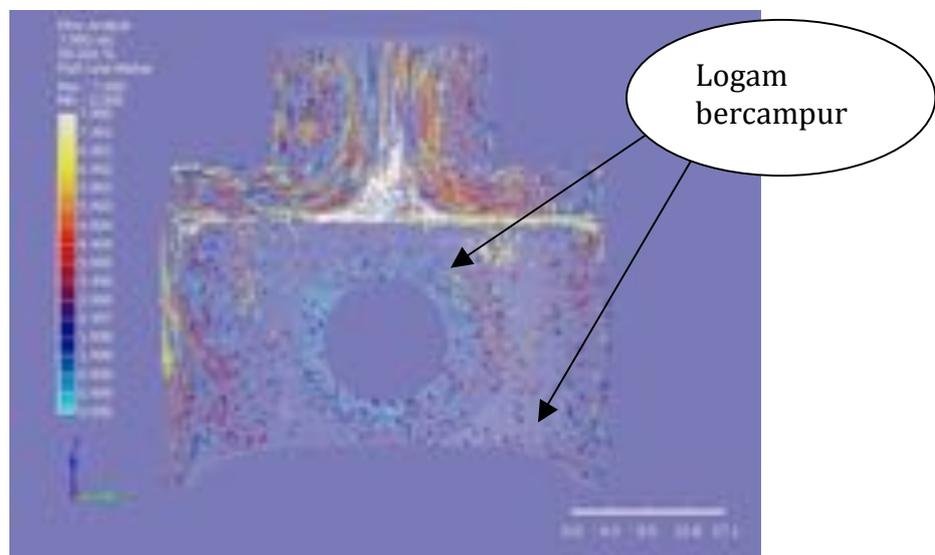
<i>Pouring temperature</i>	800°C
<i>Pouring time</i>	8 s
<i>Mold material</i>	SKD61
<i>Mold temperature</i>	300°C

Flow-path marker

Merupakan proses aliran dimana tujuan dari proses ini agar mengetahui laju aliran dalam cetakan ketika proses pengecoran berlangsung. Proses aliran ini dapat dilihat pada gambar yang merupakan hasil dari simulasi, dari setiap gambar dapat dilihat bagaimana laju aliran dalam cetakan piston dengan ditandai oleh setiap warna dari simbol yang sudah ada pada simulasi.



Gambar 24. Tampilan desain cetakan menggunakan *software Z-castpro 3.0 (2000)*



Gambar 25. Simulasi 100%

Dalam simulasi *flow-path marker* indikator warna menunjukkan tiap-tiap aliran yang masuk kedalam cetakan, dimulai dengan warna biru muda sampai dengan warna kuning cerah, biru muda adalah waktu tuang logam cair kisaran waktu 1 detik, biru mendekati merah 2 detik, merah muda 3 detik, merah tua 4 detik, merah tua 5 detik, merah mendekati kuning 6 detik, kuning 7 detik, kuning cerah 8 detik.

Proses *parh marker* yang sudah 100% menunjukkan bahwa pada gambar setiap aliran dari aliran pertama hingga aliran terakhir, campuran komposit bercampur cukup baik tidak ada aliran yang memisahkan diri. Sehingga aliran partikel komposit mengalir dengan baik seperti yang terlihat pada Gambar 26. Dari gambar dapat dilihat bahwa warna biru muda hingga kuning muda menandakan waktu tuang dalam waktu 8 detik. Dimana pada Gambar 26 terlihat warna biru muda menandakan logam cair yang terjebak dalam

cetakan, hal tersebut terjadi sama seperti pada simulasi pertama namun pada simulasi kali ini titik warna biru muda mengecil sebab aliran logam cair lebih stabil sehingga kerak serta kotoran yang terjebak semakin berkurang.

Flow-solid fraction

Tujuan dari proses *flow solid fraction* merupakan proses untuk mengetahui bagaimana laju pendinginan pada cetakan, pada simulasi ini laju pendinginan dalam proses pengecoran dapat diketahui dan juga dapat dilihat melalui gambar yang sudah disimulasikan dalam *Z-cast*. Dimana dalam gambar bisa terlihat laju pendinginan dari keadaan panas sampai dengan cetakan itu mengering.

Dalam simulasi *flow-solid fraction* indikator warna menunjukkan tingkat kekerasan pada coran, dimana untuk warna biru muda menandakan bahwa tingkat kekerasan mencapai 10%, biru mencapai 20%, biru cerah mencapai 30%, biru kemerahan mencapai 40%, merah 50%, merah cerah 60%, merah kekuningan 70%, merah cerah 80%, kuning cerah 88%.

Solid fraction adalah proses pembekuan pada material cor, pada gambar dibawah terdapat perbedaan warna. Hal ini menunjukkan bahwa material cor yang mulai membeku terlebih dahulu ditandai dengan warna kuning cerah dan yang terakhir membeku terjadi pada bagian yang berwarna biru cerah. Setelah keadaan 100% dapat diketahui bahwa material yang pertama membeku ialah bagian dari bawah cetakan yang kemudian dilanjutkan ke bagian paling teratas.

Flow-temperature

Flow temperature merupakan simulasi untuk mengetahui temperatur dalam cetakan bagaimana keadaan hasil coran ketika di cor nanti, dengan simulasi ini dapat diketahui keadaan hasil cetakan.

Flow temperature adalah proses perubahan *temperature* yang terjadi pada material cor, hal ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan *temperature* aliran. Dimana perubahan ini terjadi dimulai dari *temperature* yang rendah hingga *temperature* yang tinggi, dimana pada aliran terakhir masuk kedalam coran merupakan *temperature* yang paling tinggi.

5.3 Proses Manufaktur Komposit

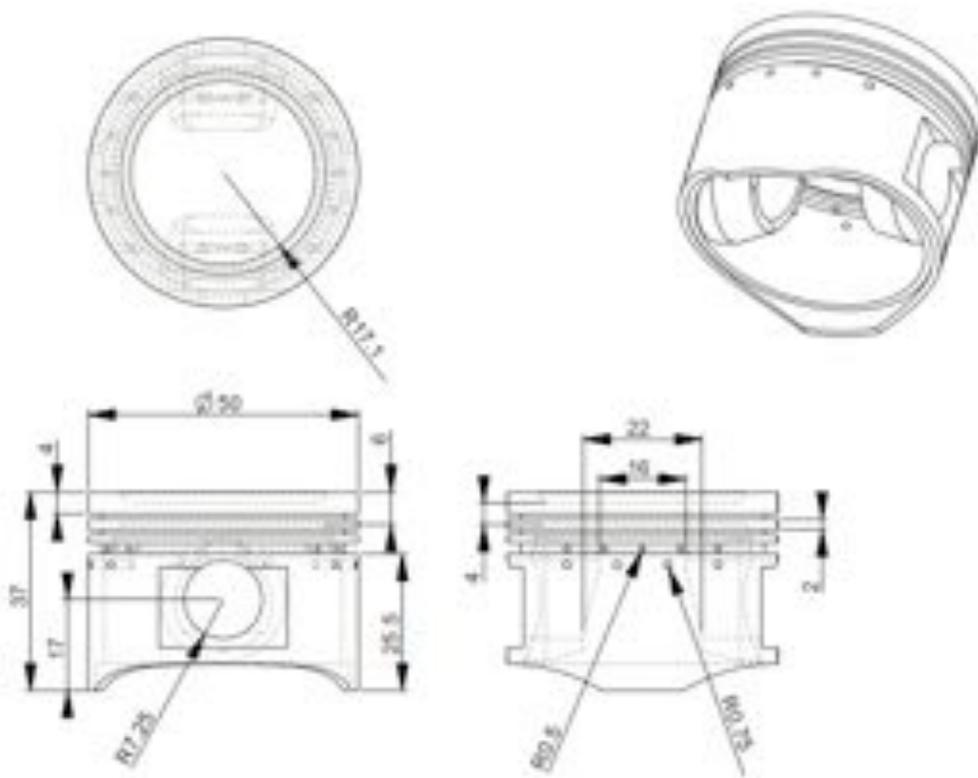
Pada tahapan ini dalam proses pembuatan piston harus dilakukan perencanaan sebelum memulai proses pengecoran, dimana terdapat beberapa hal yakni :

a. Jenis Piston

Berdasarkan penggunaan pada kendaraan piston terbagi menjadi beberapa jenis dimana diantaranya adalah mobil dan sepeda motor. Namun setelah melakukan study literatur dan survey lapangan ditetapkan bahwa piston sepeda motor menjadi objek penelitian pada tugas akhir ini, hal ini dikarenakan sepeda motor merupakan kendaraan yang banyak digunakan oleh masyarakat dan juga lebih mudah dalam dilakukan pengujian langsung pada mesin.

b. Dimensi Piston

Dimensi piston motor yang digunakan dalam penelitian ini berdiameter 50 mm dengan tinggi piston 37 mm seperti yang terlihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Dimensi Piston

Perhitungan Material Bahan Baku

a. Volume Aluminium Komposit

Untuk menghindari faktor penyusutan pada saat pengecoran, maka volume cetakan ditambah 20%.

b. Penimbangan Komposisi Matriks Aluminium Komposit

Berat total dari aluminium komposit adalah berat dari matriks aluminium ditambah dengan berat alumina. Matriks aluminium berbahan dasar ingot Al – Si *weight* (wt) 3% dengan penambahan unsur Zn sebesar 9 *weight* (wt) % dan Mg sebesar 6 *weight* (wt) % .

Tabel 12. Paduan Aluminium Komposit Al 9Zn 6Mg 3Si berpenguat Alumina.

%	Matriks Aluminium (90%)			Al ₂ O ₃ (f.v. 10%)
	Al-Si (3 % wt)	Zn (9 wt%)	Mg (6 wt%)	
P	2700 kg/m ³	7135 kg/m ³	1738 kg/m ³	3980 kg/m ³
M	0.0776 kg	0.0081 kg	0.0054 kg	0.0134 kg

1. Peleburan Aluminium-Silikon (Al-Si), Magnesium (Mg) dan Zinc (Zn)

Peleburan ingot Al-Si, Mg, dan Zn yang dilakukan didalam dapur *crusible* dengan T 850 °C hingga mencair.

2. *Degassing*

Proses *degassing* merupakan pemberian atau memasukkan gas yang dimana pada penelitian ini adalah argon (Ar) selama tiga kali pengadukan per lima detik , kedalam cairan logam matriks aluminium. Dimana hal ini bertujuan untuk mengangkat unsur lain atau kotoran yang mengendap didalam cairan logam dan mengeluarkannya dengan menggunakan ladle agar hasil coran menjadi baik.

3. Pemanasan Alumina (Al₂O₃)

Proses pemanasan serbuk Al₂O₃ dipanaskan sampai temperatur 1000 °C dan ditahan 60 menit. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan kadar air dan agar tidak terdapat perbedaan suhu yang cukup jauh antara alumina dengan cairan logam matriks aluminium. Dikarenakan apabila temperatur alumina lebih rendah dari temperatur cairan logam matriks aluminium (850 °C), alumina tidak akan berpadu dengan sempurna terhadap cairan logam.

4. Pencampuran Al-Si, Mg, Zn + Al₂O₃ dan *Stirrin*

Proses pencampuran matriks Al-Si, Mg, Zn, dan serbuk Al₂O₃ dilakukan didalam dapur *crusible* setelah proses *degassing* pada cairan logam matriks aluminium dan alumina

yang telah dipanaskan hingga temperatur 1000°C. Untuk memaksimalkan pencampuran dan distribusi alumina yang merata maka dilakukan proses *stirring* dengan kecepatan 5000 rpm selama 30 detik.

5. Penuangan

Setelah proses *string* dan tercampurnya seluruh paduan matriks aluminium berpenguat alumina, paduan logam cair dituang kedalam cetakan dibantu dengan parantara *riser*, dimana hal ini agar cairan logam yang mengalir kedalam cetakan tetap stabil hingga memenuhi seluruh cetakan. Serta tidak lupa pemanasan juga dilakukan terhadap *riser* agar menjaga temperatur cairan logam paduan juga tetap stabil.

6. Squeeze

Squeeze merupakan proses pemberian tekanan terhadap komposit matriks aluminium yang dilakukan saat kondisi semi solid. Dimana pada tahapan ini tekanan diberikan sebesar 3 Mpa, hal ini bertujuan untuk meminimalisir timbulnya void pada piston sehingga diharapkan piston akan memiliki sifat karakteristik lebih baik seiring dengan berkurangnya porositas.

7. Pengeluaran Piston Dari Cetakan

Komposit matriks aluminium yang telah terbentuk didalam cetakan dikeluarkan dengan cara menunggu hingga temperatur cetakan yang menurun, hal ini dikarenakan temperatur pada cetakan cukup tinggi (300°C). Tahap ini dilakukan pengeluaran piston dari cetakan dengan pemberian beban mekanis.

A. Inspeksi Visual Produk Hasil Pengecoran

Setelah melewati proses pengecoran terhadap piston dari material komposit matriks aluminium berpenguat alumina, tahap selanjutnya adalah tahap inspeksi visual produk hasil. Inspeksi visual yang dilakukan adalah untuk mengetahui terdapatnya cacat coran yang timbul setelah pengecoran. Dimana hasil yang didapat bahwa masih ditemukan beberapa cacat coran pada piston. Gambar 28 menunjukkan beberapa poin yang mengalami cacat produksi pada saat pengecoran. Poin 1 terlihat adanya ketidak rataan hasil pengecoran yang di akibat terjadi pelekatan antar muka antara aluminium cair dengan cetakan, yang bisa disebabkan terjadinya cacat *die soldering*. Dan pada poin 2, 3, dan 4 menunjukkan terdapatnya cacat coran yang berupa cacat porositas atau void, yang bisa disebabkan karena unsur paduan logam tidak tercampur secara merata, hal ini dapat terjadi karena kurangnya kecepatan putar saat pengadukan proses *stirring*.

B. Proses Permesinan

Tahapan ini dilakukan karena hasil produk piston dari proses pengecoran belum sempurna dan memerlukan proses permesinan yang bertujuan untuk menyesuaikan ukuran dimensi piston sehingga sesuai dengan rancangan.

1. Pembentukan Alur Ring Kompresi

Pembuatan alur ring kompresi dilakukan menggunakan mesin bubut dengan mata pahat hss buatan, pembuatan alur dibentuk dengan kedalaman 1.7 mm dan ketinggian 1.2 mm. Cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan mesin CNC. Proses ini memerlukan ketelitian agar hasil dari permesinan ini tidak mengalami kebocoran kompresi yang sangat tidak diharapkan pada pembuatan piston. Pada proses ini dilakukan menjadi dua tahap, tahap pertama adalah pembuatan alur ring kompresi 1 dan alur ring kompresi 2, yang dipisahkan oleh land 1 dengan jarak land 2 mm.

2. Pembentukan Alur Ring Oil

Pada tahap ini proses yang dilakukan hampir sama dengan proses pembuatan alur ring kompresi, yaitu dengan menggunakan mesin bubut manual atau dengan mesin bubut otomatis atau CNC, hanya saja pada proses pembuatan alur ring ini menggunakan proses *drilling* diameter 1.6 mm dengan kedalaman 1.7 mm sebagai alur atau jalur masuk pelumasan.

3. Pembuatan Lubang Pin

Pada proses ini alat yang digunakan adalah mesin *drilling* dengan mata *drill* berdiameter 14.5 mm, proses ini dilakukan dengan dua kali pengerjaan, yaitu pengerjaan bagian kanan dan kiri, dengan kedalaman setiap bagian sebesar 10 mm.

4. Proses *Finishing*

Setelah melakukan proses pembentukan alur ring kompresi, pembentukan alur ring oil, pembentukan lubang oil, dan pembentukan lubang pin, karena pada pengerjaan proses permesinan masih terdapat kekasaran pada permukaan bahan hasil proses permesinan, sehingga harus melalui proses finishing, proses finishing adalah proses penghalusan permukaan bahan dimana pada pembuatan piston disini proses finishing berupa proses penghalusan dengan menggunakan mesin bubut dengan mata pahat *carbide*.

C. Inspeksi Visual Ukuran Dimensi Hasil Permesinan

Setelah melewati proses permesinan terhadap piston dari material komposit matriks aluminium berpenguat alumina, tahap selanjutnya adalah tahap inspeksi visual produk hasil permesinan, hasil permesinan dapat dilihat pada Gambar 29. Inspeksi visual yang dilakukan adalah pengukuran dimensi piston seperti yang terlihat pada Gambar 38, berikut ukuran dimensi yang didapat dari hasil proses permesinan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Dimensi piston yang dihasilkan permesinan

No	Dimensi	Ukuran	Satuan
1	Diameter piston	50	Mm
2	Ketinggian piston	37	mm
3	Kedalaman alur ring kompresi	1.7	mm
4	Ketinggian alur ring piston	1.2	mm
5	Kedalaman alur ring oil	1.7	mm
6	Ketinggian alur ring oil	1.6	mm
7	Diameter lubang pin piston	14.5	mm



Gambar 27. Piston hasil pembuatan dengan proses *squeeze casting* dan pemesinan.

BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Kegiatan yang akan dilaksanakan untuk tahapan berikutnya adalah sebagai berikut;

1. Pembuatan cetakan sampel uji untuk pengujian tarik.
2. Proses pembuatan komponen *piston* dari komposit matriks aluminium dengan penguat SiC dan alumina dengan optimasi kandungan penguat.

Tahapan yang akan dilakukan adalah :

- Proses peleburan paduan aluminium dilakukan dalam dapur lebur berbahan bakar gas dengan temperatur lebur 820-850°C.
 - Proses pengecoran *squeeze casting* dilakukan untuk menghasilkan matriks paduan aluminium berpenguat partikel alumina diberikan dengan proses pengadukan dengan kecepatan 7500 rpm lalu ditekan dengan tekanan 50 Ton.
3. Karakterisasi komposit matriks aluminium.
 - Pengujian komposisi pada paduan aluminium dan alumina, dengan Spektro, XRD.
 - Analisis struktur mikro dan permukaan patahan dengan mikroskop optik dan SEM.
 - Pengujian Sifat Mekanis, berupa pengujian Kekerasan dan tarik.
 - Pengujian ketahanan aus.
 - Pengujian Tidak Merusak (NDT) dengan metode radiografi.

BAB 7. KESIMPULAN

1. Perancangan dilakukan dengan menggunakan metode Karl. T Ulrich dan Steven D. Eppinger menghasilkan bentuk piston pada varian 3 yang sudah melalui tahapan-tahapan kombinasi konsep solusi perancangan, matrik seleksi konsep perancangan dan penilaian konsep perancangan.
2. Dari hasil perhitungan analisis kekuatan material piston diperoleh :
 - a. Perhitungan analisis pada piston skirt didapat 0.245 N/m^2 sehingga piston skirt dinyatakan **AMAN** karena tekanan samping yang terjadi pada piston skirt 0.245 N/m^2 masih berada dibawah tekanan samping.
 - b. Perhitungan analisis kekuatan pada *piston crown* , harga batas tegangan bending untuk material paduan alumunium sebesar $\sigma_b = 500 - 900 \text{ N/m}^2$ sedangkan hasil perhitungan tegangan bending yaitu 238.459 N/m^2 . Pada perhitungan analisis kekuatan pada *piston crown* ini dinyatakan memenuhi syarat.
 - c. Hasil tegangan (*von mises stress*) maksimum adalah sebesar $1.197 \times 10^2 \text{ N/m}^2$ dan tegangan (*von mises stress*) minimum sebesar $1.585 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$. Analisis hasil tegangan maksimum yang dihasilkan sebesar $5.963 \times 10^{-1} \text{ MPa}$, sehingga dapat dinyatakan aman untuk piston yang menggunakan asumsi paduan Alumunium seri 7000.
 - d. Dari hasil analisis *displacement* didapat besarnya angka keamanan pada piston yaitu sebesar 6.22 sehingga piston ini layak untuk di produksi.
3. Hasil penelitian dengan desain sistem saluran dengan perhitungan sesuai waktu pengecoran minimal diperoleh bahwa waktu penuangan 8 s, volume saluran turun $17.143,5059 \text{ mm}^3$.
4. Hasil simulasi dengan *Z-cast*, menunjukan desain dengan tinggi saluran masuk 17 mm dengan diameter 25 mm dapat memperoleh hasil cacat minimal. Hal ini disebabkan karena desain ini memiliki pola yang membuat partikel komposit dapat mengalir dengan baik sehingga cacat penyusutan dapat terminimalisir.
5. Proses manufaktur piston dari material komposit matriks Al 9Mg 6Zn 3Si berpenguat Al_2O_3 dilakukan dengan tahapan-tahapan persiapan, penimbangan bahan, proses pengecoran yang terdiri dari proses peleburan, *stirring*, penuangan dan *squeeze*, yang kemudian diakhiri dengan proses permesinan.

6. Pada proses manufaktur ini didapatkan hasil piston dengan dimensi piston yang berdiameter 50 mm dan tinggi 37 mm, dimana dari hasil piston bermaterial aluminium komposit Al 9Zn 6Mg 3Si berpenguat Al_2O_3 dengan manufaktur *squeeze casting* masih didapat cacat pada coran yang berupa pelekatan antar muka antara aluminium cair dengan cetakan, yang bisa disebabkan terjadinya cacat *die soldering*. Selain itu masih terdapat cacat coran lainnya yang berupa cacat poritas atau void, yang bisa disebabkan karena unsur paduan logam tidak tercampur secara merata, hal ini dapat terjadi karena kurangnya kecepatan putar saat pengadukan proses *stirring*.

DAFTAR PUSTAKA

1. _____, *Perkembangan Kendaraan Bermotor*, <http://www.bps.go.id>, , diakses pada tanggal 25 April 2014.
2. _____, *ASM Handbook, 21: Composites*. ASM International, The Materials Information Company, 1992.
3. F.L. Matthews dan Rawlijns, R.D *Composite Material: Engineering & Science*. Chapman & Hall, London, 1994.
4. F. Macke, B.F.Schultz, Pradeep Rohatqi, *Metal Matrix Composites : Offer the Automotive Industry an Opportunity to Reduce Vehicle Weight, Improve Performance*, *Advanced Material and Processes*, (March, 2012), 19-23
5. N. Chawla, *Metal Matrix Composite in Automotive Application*, *Advanced Material and Processes*, (July 2006), 29-31
6. T.R. Vijarayam, et.al., *Fabrication of Fiber Reinforced Metal Matrix Composite by Squeeze Casting Technology*. *Journal of Materials Processing Technology* 178, (2006), 34-38.
7. H. Dieringa, Norbert Hort and Karl Ulrich Kainer, *Magnesium Based MMCs Reinforced with C-Fibers*, *The Azo Journal of Materials Online*, (September 2005).
8. D. Rahmalina, B.T. Sofyan, B. Suharno, E.S. Siradj, *Pengaruh Fraksi Volume Penguat Silikon Karbida terhadap Karakteristik Balistik Komposit Matriks Aluminium*, *Majalah Pengkajian Industri*, Vol. 6 No. 1, April 2012.
9. B.T. Sofyan, D. Rahmalina, B. Suharno, E.S.Siradj, *Deformation Behaviour of Silicon Carbide Reinforced Al-7Si Composite after Ballistic Impacts*, *Advanced Materials Research Journal*, Vol. 789 (2013), pp. 33-36.
10. D. Rahmalina, B.T. Sofyan, B. Suharno, E.S. Siradj, *Development of Steel Wire Rope – Reinforced Aluminium Composite for Armour Material Using The Squeeze Casting Process*, *Advanced Materials Research Journal*, Vol. 277 (2011), pp. 27-35.
11. D. Rahmalina, I. Kusuma, B. Suharno, B.T. Sofyan, E.S. Siradj, *Pengaruh Penambahan Unsur Cu dan Mg pada Daerah Antarmuka Komposit Matriks Aluminium Berpenguat Kawat Tali Baja untuk Aplikasi Material Armor melalui Proses Squeeze Casting*, *Prosiding Seminar Nasional SENAMM IV*, 2010.