



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Lt.4 Gedung D Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270
Telepon: (021) 57946042 Fax: (021) 57946085
Laman: <http://dikti.go.id>

Nomor : 0299/E3/2016 27 Januari 2016
Lampiran : 1 (satu) berkas
Perihal : Penerima Hibah Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
di Perguruan Tinggi Tahun 2016

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

Diberitahukan dengan hormat bahwa Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) telah melakukan seleksi proposal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat untuk pendanaan tahun 2016. Bersama ini kami sampaikan daftar nama penerima hibah Penelitian dan Pengabdian Masyarakat tahun 2016 sebagaimana terlampir.

Kami informasikan bahwa penerima hibah program Penelitian dan Pengabdian Masyarakat tahun 2016 adalah pengusul yang proposalnya dinyatakan lolos seleksi, dan yang bersangkutan juga telah mengisi serta mengunggah dalam SIMLIBTAMAS dokumen-dokumen pelaporan, hasil pelaksanaan kegiatan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat tahun 2015 meliputi.

1. Laporan Penggunaan Anggaran;
2. Laporan Akhir; dan
3. Berkas Seminar Hasil (Artikel Ilmiah, Borang Capaian Kegiatan, Poster, dan Profil) bagi yang sudah selesai di tahun 2016.

Berkenaan dengan hal tersebut, DRPM mengucapkan selamat kepada penerima hibah Penelitian dan Pengabdian Masyarakat tahun 2016.

DRPM mengucapkan terimakasih kepada pengusul yang telah berpartisipasi dan apabila nama pengusul tidak tercantum, maka dapat mengusulkan kembali proposal hibah Penelitian dan Pengabdian Masyarakat untuk pendanaan tahun 2017.

Selanjutnya, kami mohon bantuan Saudara untuk menyampaikan informasi di atas kepada masing-masing penerima hibah Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Tahun 2016.

Kami sampaikan bahwa mekanisme penyaluran dana hibah akan dilakukan melalui kontrak kerja antara DRPM dengan Ketua LP/LPPM/LPM Perguruan Tinggi Negeri dan atau Koordinator Kopertis Wilayah. Untuk maksud tersebut, bersama ini kami kirimkan daftar isian (terlampir) untuk diisi dan mohon segera dikirim melalui fax: 021-5731846, 57946085 dan email ke dp2mdikti@yahoo.co.id (untuk program Penelitian), dan ppm.dp2m@dikti.go.id (untuk program Pengabdian Masyarakat) paling lambat tanggal 15 Februari 2016. **Penandatanganan kontrak oleh DRPM dengan Koordinator Kopertis dan Ketua LPPM dilakukan pada tanggal 17 Februari 2016 pukul 13.00 di Gedung Dikti lantai 2 Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi.**

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

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami ucapkan terima kasih.

Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat

ttd

Ocky Karna Radjasa
NIP 196510291990031001

Tembusan.

1. Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan
2. Ketua LP/LPPM/LPM Perguruan Tinggi
3. Sekretaris Pelaksana Kopertis Wilayah I s/d XIV

023084	STMIK Global Informatika Mdp	0215048202	SHINTA PUSPASARI	Inventarisasi Seni dan Budaya Berwujud Benda di Kota Palembang Lewat Dokumentasi citra digital dengan Aplikasi berbasis Web dan Android	Penelitian Hibah Bersaing	Lanjutan
023109	STMIK Pringsewu	0209067002	ELISABET YUNAETI ANGGRAENI	PENERAPAN METODE FUZZY SIMPLE ADDITIVE WAIGHTING (FSAW) DALAM PENENTUAN PERANKINGAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK) DI KABUPATEN PRINGSEWU	Penelitian Dosen Pemula	Baru
023113	STIE Multi Data Palembang	0203096901	EDIN SURDI DJATI KUSUMA	Peranan Pojok Internet sebagai Media Peningkatan Efektivitas dan Efisiensi Perkuliahan	Penelitian Dosen Pemula	Baru
023118	STMIK Atma Luhur	0225067701	HADI SANTOSO	OPTIMASI DETEKSI BANYAK WAJAH BERDASARKAN POSE	Penelitian Disertasi Doktor	Baru
023119	STKIP Al Islam Tunas Bangsa	0226038902	QOMARIO	PENGEMBANGAN MODEL PELATIHAN LITERASI MEDIA dan INFORMASI GURU SD di KOTA BANDAR LAMPUNG	Penelitian Dosen Pemula	Baru
023119	STKIP Al Islam Tunas Bangsa	0205088001	M. ARIEF SETIAWAN	PENGARUH WAKTU PEMULIHAN AKTIF DAN PEMULIHAN PASIF TERHADAP PENURUNAN KADAR CK (Enzim Creatine Kinase) PADA CABANG TENIS LAPANGAN	Penelitian Dosen Pemula	Baru
024042	Akademi Manajemen Belitung	0225126701	TARTINI	Kompetensi Manajerial Kepala Tenaga Administrasi SMA/MA/SMK Di Kabupaten Belitung	Penelitian Dosen Pemula	Baru
024118	Akademi Farmasi Yayasan Al-Fatah	0228038801	SETYA ENTI RIKOMAH	isolasi dan identifikasi senyawa saponin pelepah pisang uli dan uji efek analgetik terhadap mencit jantan	Penelitian Dosen Pemula	Baru
024118	Akademi Farmasi Yayasan Al-Fatah	0219118901	FATHNUR SANI K	UJI AKTIVITAS ANTIHIPERGLIKEMIK EKSTRAK POLISAKARIDA DAN SENYAWA POLIFENOL ALGA LAUT Eucheuma.sp DAN Sargassum.sp PADA PADA MENCIT (Mus musculus) YANG DI INDUKSI GLUKOSA	Penelitian Dosen Pemula	Baru
025002	Politeknik Anika Palembang	0220038802	MARIANA PURBA	PERENCANAAN PORTOFOLIO APLIKASI MENDATANG BERDASARKAN STRATEGI BISNIS SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI PADA POLITEKNIK SWASTA DI SUMATERA SELATAN	Penelitian Dosen Pemula	Baru
025010	Politeknik Palcomtech	0229108302	HENDRA HADIWIJAYA	Pengaruh Kecerdasan Emosi Terhadap Prestasi Belajar Siswa Pada SMP Negeri 4 Lalan Desa Bumi Agung Kabupaten Musi Banyuasin	Penelitian Dosen Pemula	Baru
025012	Politeknik Sekayu	0203028501	WIDIYATMOKO	MODIFIKASI AC SPLIT MENJADI AC SISTEM GEOTERMAL MENGGUNAKAN AIR SEBAGAI REFRIGERAN SEKUNDER	Penelitian Dosen Pemula	Baru
031006	Universitas Jayabaya	0325076601	AMBARWATI	REPRESENTASI POLITIK PEREMPUAN DI PARLEMEN 2009-2014 PERBANDINGAN INDONESIA - NORWEGIA	Penelitian Disertasi Doktor	Baru
031006	Universitas Jayabaya	0022077402	IKA YULIASARI	PERANAN DUALITAS AGENSI STRUKTUR MEDIA KOMUNITAS DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA	Penelitian Disertasi Doktor	Baru
031006	Universitas Jayabaya	0324096901	WIKE HANDINI	Simulasi Disain Generator Magnet Permanen dengan Pengurangan Torsi Ripple Menggunakan Software MagNet	Penelitian Disertasi Doktor	Baru
031006	Universitas Jayabaya	0312086801	VICTOR A SIMANJUNTAK	SIKAP TOLERANSI DAN PLURALISME WARTAWAN PARLEMEN Survei Opini Tentang Sikap Toleransi Dan Pluralisme wartawan Media Massa Cetak dan Elektronik Yang Bertugas Di DPR, MPR dan DPD	Penelitian Dosen Pemula	Baru
031006	Universitas Jayabaya	0325086201	ENDANG WAHYUNINGTYAS	MODEL PENATAAN KAWASAN DAN PENATAAN BANGUNAN DI RENCANA WADUK CILIWUNG HULU CISARUA BOGOR	Penelitian Hibah Bersaing	Lanjutan
031006	Universitas Jayabaya	0301096901	DWI RAHMALINA	Pengembangan Proses Manufaktur Komposit Matriks Aluminium Berpenguat Partikulat Menggunakan Teknologi Squeeze Casting untuk Aplikasi Komponen Otomotif	Penelitian Kompetensi	Lanjutan
031006	Universitas Jayabaya	0012116502	FLORA ELVISTIA FIRDAUS	Pengembangan Produksi Material Maju Polyurethane Berbasis EcoGreen	Penelitian Kompetensi	Lanjutan
031007	Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya	0312038402	LISTYA UTAMI KARMAWAN	Analisis transkriptomik sistem resistensi terinduksi pada tanaman pisang yang dipicu oleh bakteri endofit untuk mengatasi penyakit layu fusarium	Penelitian Disertasi Doktor	Baru
031007	Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya	0301017901	NATALIA YETI PUSPITA	PERANAN ASEAN DALAM PENANGGULANGAN BENCANA ALAM DI KAWASAN ASIA TENGGARA	Penelitian Disertasi Doktor	Baru



UNIVERSITAS PANCASILA

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Kampus : Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta 12640
Telp. (021) 7880305, 7874344, 7864721, 88800038, Fax. (021) 7271868
www.univpancasila.ac.id, email : humas@univpancasila.ac.id
Yayasan: 727.2010, FE: 727.1830, FF: 786.4727, FH: 727.2443, FT: 786.4730, DII.T:786.4730,
Fak Psikologi: 787.1325, F.Kom: 787.0451, Fak Pariwisata: 988.84038, MM: 3143966, Maxi : 727.0086,
MIH: 391.9013, MTM: 319.26047, MIF: 786.4727, Program Doktor Ilmu Ekonomi:390.4271

SURAT PERJANJIAN/KONTRAK PENUGASAN DALAM RANGKA PELAKSANAAN PROGRAM PENELITIAN TAHUN ANGGARAN 2016 Nomor: 2579/LPPM/UP/VII/2016

Pada hari ini **Senin** tanggal **Dua Puluh Lima** bulan **Juli** tahun **Dua Ribu Enam Belas**, yang bertanda tangan di bawah ini:

1. Nama : **Dra. Hj. Dewi Triahayu, M.M.**
NIDN : 0330046201
Jabatan : Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama **LPPM Universitas Pancasila**, selanjutnya dalam dokumen ini disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**.

2. Nama : **Dwi Rahmalina**
NIDN : 0301096901

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama **Dosen Peneliti**, yang selanjutnya dalam dokumen ini disebut sebagai **PIHAK KEDUA**.

Perjanjian penugasan ini berdasarkan kepada :

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2003, tentang Keuangan Negara.
2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional.
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2004, tentang Perbendaharaan Negara.
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2004, tentang Pemeriksaan dan Tanggung Jawab Keuangan Negara.
5. Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2008 tentang Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 166, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4916);
6. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi.
7. Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 8);
8. Peraturan Presiden Nomor 13 Tahun 2015 tentang Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 14);
9. Keputusan Presiden Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode 2014-2019;
10. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015, tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi;
11. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor: 305/M/KP/D/2015 tentang Pengangkatan Koordinator Kopertis Wilayah III Jakarta.
12. Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor: 662/M/KP/D/2015 tanggal 23 Desember 2015 tentang Pejabat Perbendaharaan pada Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah III Jakarta Tahun Anggaran 2016.

13. Keputusan Direktur Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat Nomor 0296/E3/2015 tentang Penerima Hibah Penelitian dan Pengabdian Masyarakat di Perguruan Tinggi Tahun 2016;
14. Keputusan Koordinator Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah III Nomor 017/K3/KU/SK/2015 tanggal 29 Desember 2015 tentang Pengangkatan Pejabat dan Staf Pengelola Keuangan Tahun Anggaran 2016.
15. Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Dirjen Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Dirjen Riset dan Pengembangan Kemristekdikti Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2016 tanggal 7 Desember 2015.
16. Surat Perjanjian Penugasan Dalam Rangka Pelaksanaan Program Penelitian Tahun 2016 antara KPA/Pejabat Pembuat Komitmen Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi dengan Koordinator Kopertis Wilayah III Nomor: 003/SP2H/LT/DRPM/II/2016, Tanggal 17 Februari 2016.
17. Surat Perjanjian Penugasan Dalam Rangka Pelaksanaan Program Penelitian Tahun 2016 antara KPA/Pejabat Pembuat Komitmen Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi dengan Koordinator Kopertis Wilayah III Nomor: 214/SP2H/LT/DRPM/III/2016, Tanggal 10 Maret 2016.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian dengan ketentuan dan syarat-syarat diatur dalam Pasal-Pasal berikut :

Pasal 1

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Penugasan Penelitian Kompetensi Tahun 2016 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/kegiatan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan berkewajiban menyimpan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya.
- (3) Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Dirjen Riset dan Pengembangan Kemristekdikti Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2016 tanggal 7 Desember 2015.

Pasal 2

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberikan dana untuk kegiatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sebesar **Rp. 112.000.000,-** (seratus dua belas juta rupiah) yang dibebankan kepada DIPA Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Dirjen Direktorat Riset dan

Pengabdian Masyarakat Dirjen Riset dan Pengembangan Kemristekdikti Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2016 tanggal 7 Desember 2015.

- (2) Dana pelaksanaan Hibah sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
- Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total bantuan dana kegiatan yaitu $70\% \times \text{Rp. 112.000.000,-} = \text{Rp. 78.400.000,-}$ (tujuh puluh delapan juta empat ratus ribu rupiah) melalui dana talangan dari Universitas Pancasila.
 - Dana talangan sebesar 70% dari Universitas Pancasila akan segera dikembalikan setelah dana hibah dari Kemristek Dikti cair.
 - PIHAK KEDUA** mengunggah ke **SIM-LITABMAS** selambat-lambatnya tanggal **10 Agustus 2016** dokumen di bawah ini:
 - Catatan harian dan laporan penggunaan anggaran 70%
 - Laporan kemajuan pelaksanaan pekerjaan
 - Pembayaran Tahap Kedua/Terakhir sebesar 30% dari total bantuan dana kegiatan yaitu $30\% \times \text{Rp. 112.000.000,-} = \text{Rp. 33.600.000,-}$ (tiga puluh tiga juta enam ratus ribu rupiah), dibayarkan setelah dana hibah dari Kemristek Dikti cair.
 - PIHAK KEDUA** bertanggung jawab mutlak dalam pembelanjaan dana tersebut pada ayat (1) sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui dan berkewajiban untuk menyimpan semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke Kas Negara melalui rekening **BNI 46 KCP BKN Rekening No. 0880880853** atas nama **BPG 088 KOPERTIS WILAYAH III JAKARTA 401228** disertai dengan surat pemberitahuan pengembalian dana.
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyampaikan salinan lembar keempat bukti pengembalian Dana ke Kas Negara yang telah divalidasi oleh KPPN setempat kepada **PIHAK PERTAMA**.

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

Perubahan terhadap susunan Tim Pelaksana dan substansi pelaksanaan hibah penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan.

Pasal 5

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menindaklanjuti dan mengupayakan hasil Program Hibah Penelitian berupa hak kekayaan intelektual dan atau publikasi ilmiah sesuai dengan luaran yang dijanjikan pada Proposal
- (2) Perolehan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk pelaksanaan tri dharma perguruan tinggi;

Pasal 6

- (1) **PIHAK KEDUA** harus menyampaikan Surat Pernyataan telah menyelesaikan seluruh pekerjaan yang dibuktikan dengan pengunggahan pada SIMLITABMAS :
 - a) Catatan harian dan penggunaan dana 30%, pada tanggal **15 Oktober 2016**.
 - b) Catatan akhir, laporan keuangan 100%, capaian hasil, poster, artikel ilmiah dan profile, pada tanggal **31 Oktober 2016**.
- (2) 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 %o (satu permil) setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-tingginya 5% (lima persen), dihitung dari tanggal jatuh tempo sebagaimana tersebut pada ayat (1),(2) dan (3), yang terdapat dalam Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian bagi Dosen Perguruan Tinggi Swasta Tahun Anggaran 2016.
- (3) Peneliti/Pelaksana Hibah Penelitian yang tidak hadir dalam kegiatan Monitoring dan Evaluasi serta Seminar Hasil Hibah Penelitian tanpa pemberitahuan sebelumnya ke Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, maka Pelaksana Hibah Penelitian tidak berhak menerima sisa dana penugasan tahap kedua sebesar 30%. **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penugasan 30% yang telah diterima ke Kas Negara melalui rekening **BULI 46 KCP BKN Rekening No. 0880880853** atas nama **BPG 088 KOPERTIS WILAYAH III JAKARTA 401228** disertai dengan surat pemberitahuan pengembalian dana.
- (4) **PIHAK PERTAMA** berkewajiban menyampaikan salinan lembar keempat bukti pengembalian Dana ke Kas Negara yang telah divalidasi oleh KPPN setempat kepada **PIHAK KEDUA**.

Pasal 7

- (1) Laporan hasil Hibah Penelitian sebagaimana tersebut dalam pasal 6 ayat (1) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 1. Bentuk/ukuran kertas A4;
 2. Warna cover (d disesuaikan dengan ketentuan di perguruan tinggi masing-masing);
 3. Di bawah bagian kulit ditulis:

Dibiayai oleh
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian
Nomor: 003/SP2H/LT/DRPM/II/2016 dan 214/SP2H/LT/DRPM/III/2016,
tanggal 17 Februari 2016 dan 10 Maret 2016

- (2) Softcopy laporan hasil dan keuangan Hibah Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) harus diunggah ke SIM-LITABMAS sedangkan hardcopy wajib diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA** sebanyak 1 (satu) eksemplar dan disimpan oleh **PIHAK KEDUA**.

Pasal 8

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** berhenti dari jabatannya, sebelum pelaksanaan perjanjian ini selesai, maka **PIHAK KEDUA** wajib menyerahkannya tanggung jawabnya kepada pejabat baru yang menggantikannya.
- (2) Apabila setiap ketua pelaksana penelitian di perguruan tinggi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (1) tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib menunjuk pengganti ketua pelaksana penelitian yang merupakan salah satu anggota tim setelah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan.
- (3) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 maka harus mengembalikan dana yang telah diterimanya ke Kas Negara melalui rekening **BNI 46 KCP BKN Rekening No. 0880880853** atas nama **BPG 088 KOPERTIS WILAYAH III JAKARTA 401228** disertai dengan surat pemberitahuan pengembalian dana.
- (4) Apabila dikemudian hari terbukti bahwa judul-judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 dijumpai adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau diperoleh indikasi ketidakjujuran/itikad kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan Penelitian tersebut dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib melaporkan ke **PIHAK PERTAMA** dan mengembalikan dana Penelitian yang telah diterima ke Kas Negara melalui rekening **BNI 46 KCP BKN Rekening No. 0880880853** atas nama **BPG 088 KOPERTIS WILAYAH III JAKARTA 401228** disertai dengan surat pemberitahuan pengembalian dana.

Pasal 9

PIHAK KEDUA berkewajiban menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa:

- (1) pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
- (2) belanja honorarium dikenai PPh Pasal 21 dengan ketentuan:

- a) 5% bagi yang memiliki NPWP untuk golongan III, serta 6% bagi yang tidak memiliki NPWP;
 - b) untuk golongan IV sebesar 15%; dan
- (3) pajak—pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 10

- (1) Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan Penelitian tersebut diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.
- (2) Hasil 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 11

- (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 yang berlaku dengan memilih domisili Hukum di Pengadilan DKI Jakarta.
- (2) Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini akan diatur kemudian oleh kedua belah pihak.

Pasal 12

Surat Perjanjian Pelaksanaan ini dibuat rangkap 2 (dua) bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya materai dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA

Kepala LPPM



Dra. Hj. Dewi Trirahayu, MM.
NIDN. 0330046201

Rektor



Wahono Sumaryono, Apt.
NIDN. 0521015401

PIHAK KEDUA

Dosen Peneliti

Dwi Rahimalina
NIDN. 0301096901

Mengetahui,

Dean Fakultas Teknik



Fauzi Fahimuudin, M.Sc.Eng, Dr.Eng
NPD. 8203230017

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

LAPORAN TAHUN TERAKHIR

HIBAH KOMPETENSI



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

Tahun Kedua dari Rencana Dua Tahun

TIM PENGUSUL

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

Oktober 2016

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 2 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan	: Rp 112.000.000,00
Biaya Keseluruhan	: Rp 252.000.000,00

Mengetahui,
Ka-LPPM Univ. Pancasila.



(Dra. DEWI TRIRAHAYU, M.M.)
NIP/NIK 0330046201

Jakarta, 8 - 8 - 2016
Ketua,

(Dr. DWI RAHMALINA)
NIP/NIK 0301096901

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	
RINGKASAN	
DAFTAR ISI	3
BAB 1. PENDAHULUAN	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	22
BAB 4. METODE PENELITIAN	23
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	27
BAB 6. KESIMPULAN	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	
- Instrumen	
- Personalia Tenaga Pelaksana Beserta Kualifikasinya	
- Artikel Ilmiah	
- HKI : Buku Ajar dan Prototype	

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*. Vijarayan, 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 (Al₂O₃), 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]

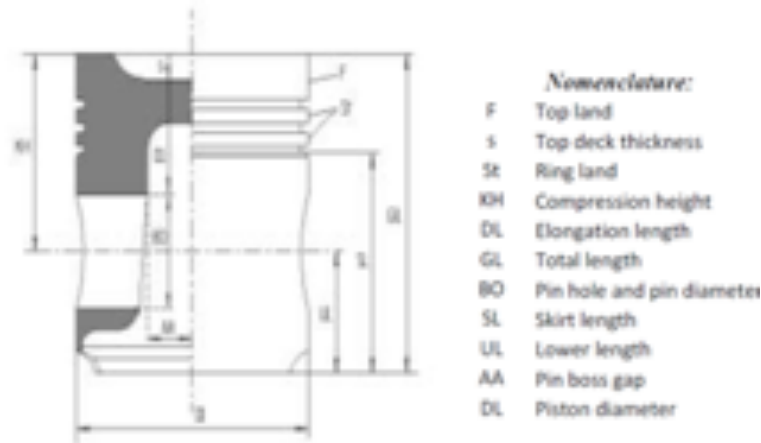


Gambar 1. Langkah kerja mesin [13]

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 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 di dalam 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 pemuaihan 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].

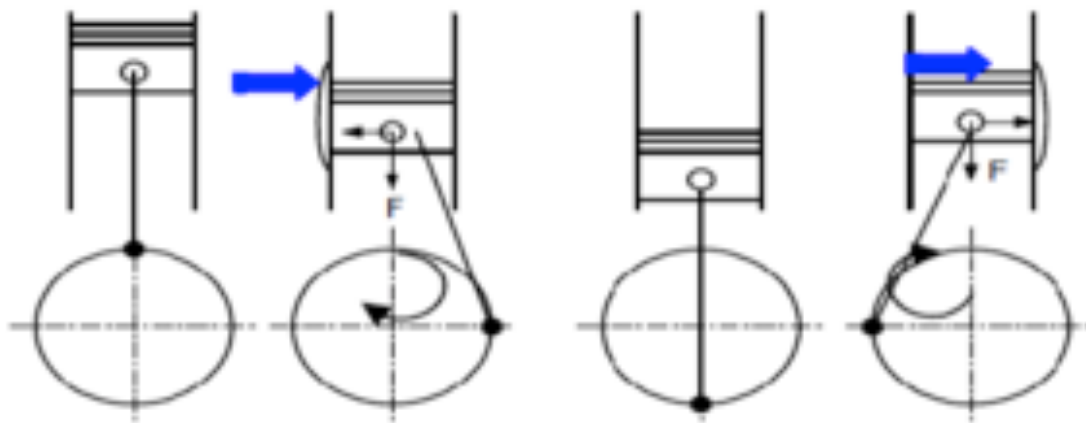
5.2 Standarisasi piston

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. Konduktifitas 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	CHONGQING 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 kontruksi-kontruksi 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) telah terdaftar pada paduan cor aluminium yang ditunjukkan pada Tabel 2 komposisi paduan aluminium digunakan dalam bentuk cor [15].

Tabel 2. Komposisi paduan aluminium digunakan dalam bentuk cor [15]

Paduan	Produk	Komposisi, %											
		Al	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	paduan lain	
												lain	total
328.0	S	7.5-8.5	1.0	0.20- 0.6	0.20- 0.6	0.20- 0.7	0.35	0.25	1.5	...	0.25	0.25	0.50
332.0	P	8.5- 10.5	1.2	2.0- 4.0	0.5	0.50- 1.5	...	0.50	1.0	...	0.25	...	0.50
333.0	P	8.0- 10.5	1.0	3.0- 4.0	0.5	0.25- 0.50	...	0.50	1.0	...	0.25	...	0.50
A333.0	P	8.0- 10.0	1.0	3.0- 4.0	0.5	0.50	...	0.50	1.0	...	0.25	...	0.50
336.0	P	11.0- 13.0	1.2	0.50- 1.5	0.35	0.5- 1.3	...	2.0- 3.0	0.35	...	0.25	0.05	...
339.0	P	11.0- 13.0	1.2	15.0- 0.50	0.50	0.50- 1.5	...	0.50- 1.5	1.0	...	0.25	...	0.50
343.0	D	6.7-7.7	1.2	0.50- 0.9	0.50	0.10	0.10	...	1.2- 2.0	0.50	...	0.10	0.35
354.0	P	8.6-9.4	0.2	1.0- 2.0	0.1	0.40- 0.6	0.1	...	0.2	0.05	0.15

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 pemadu 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. Mekanisme penguatan komposit dituliskan dalam persamaan :

$$\sigma_c = \sigma_m \cdot V_m + \sigma_f \cdot V_f$$

Dimana :

- σ_c : Kekuatan Komposit (Mpa)
- σ_m : Kekuatan Matriks (Mpa)
- σ_f : Kekuatan Penguat / *Filler* (Mpa)
- V_m : Volume Matriks (m³)
- V_f : Volume Penguat (m³)

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 pepaduan (*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 silica 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. Kandungan Al₂O₃, alumina, bergantung pada permintaan, berkisar antara 85% hingga 99,9%. Alumina memiliki titik leleh tinggi yaitu 2050°C, dan ketahanan terhadap panas atau ketahanan apinya telah lama dimanfaatkan oleh perancang tanur. Alumina terdapat dalam dua bentuk yaitu α -Al₂O₃ dan γ -Al₂O₃, bentuk pertama sering disebut korundum sesuai dengan nama mineralnya. Struktur α -Al₂O₃ (Gambar2.6) dapat dipandang sebagai lapisan anion-anion O²⁻-tumpukan padat dengan urutan ABABAB dimana dua per tiga lubang interstisi atau oktahedralnya terisi secara simetris oleh kation-kation Al³⁺ yang lebih kecil. Oleh karena itu koordinasinya adalah 6:4.

α -Al₂O₃ merupakan bentuk yang paling menarik perhatian bidang rekayasa. Bentuk lainnya yaitu γ -Al₂O₃, secara korelatif merujuk kepada sejumlah varian lain yang mempunyai anion O²⁻ dengan susunan fcc. Telah disebutkan bahwa kation Al³⁺ mengisi dua pertiga lubang oktahedral dan menghasilkan struktur yang dapat disebut struktur spinel yang “cacat” karena kekurangan kation Al³⁺. senyawa γ -Al₂O₃ memiliki sifat adsorpsi dan katalitik yang sangat berguna dan adakalanya disebut “alumina aktif”, perbedaan struktur di dalam senyawa yang sama dapat menghasilkan sifat-sifat yang sangat berbeda.

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°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].

Tabel 3. Tipe-tipe penyusutan pola pada material cetakan [2]

Alloy being Cast	Allowance	Approximate shrinkage, %	Shrinkage allowance	
			mm/m	in/ft
Steel	1 in 64	1,6	15/7	3/16
Gray cast iron	2 in 100	1,0	2	1/10
Ductile cast iron	3 in 120	0,8	7/8	3/32
Aluminium	4 in 77	1,3	13/1	5/32
Brass	5 in 70	1,4	14/4	11/64

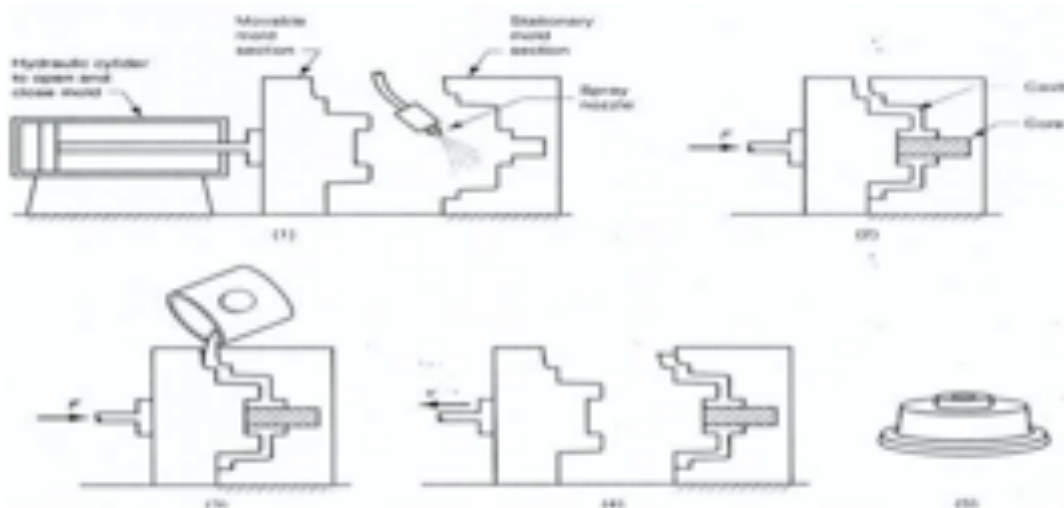
Sementara itu pola bisa dikatakan sebuah tiruan benda kerja yang akan diproduksi dengan teknik pengecoran, dengan toleransi atau suaian ukuran sesuai perhitungan pengecoran. Ukuran pola, biasanya lebih besar dari benda kerja dan hampir semua material cair, volumenya akan menyusut saat membeku. Pada Tabel 3 menunjukkan

material cetakan yang mengalami suaiian penyusutan. Untuk mengantisipasi perubahan bentuk saat pembekuan, karena terjadi tegangan dalam pada sudut-sudut atau bentuk-bentuk khusus, misalnya U, V, dan lain-lain [2].

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 di tuang.

Pengecoran cetakan permanen menggunakan cetakan logam yang terdiri dari dua bagian untuk memudahkan pembukaan 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)

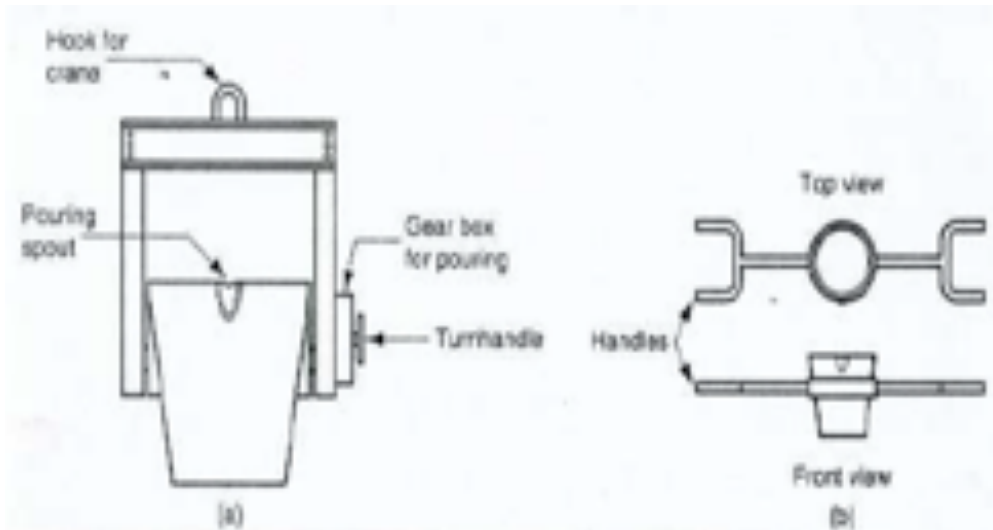
Untuk mencairkan bahan coran diperlukan alat yang dinamakan dapur pemanas. Dalam proses peleburan bahan coran ada dua dapur pemanas yang digunakan yaitu dengan menggunakan dapur kupola atau dengan menggunakan dapur tanur induksi. Kedua jenis dapur tersebut yang sering digunakan oleh industri adalah tanur 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 ladel yang umum digunakan (a) ladel kran, dan (b) ladel dua orang [18].

Waktu pembekuan aluminium dalam cetakan dapat diketahui pada Tabel 4 dimana material dan proses cetakan sangat berpengaruh terhadap cepat lambatnya pendinginan.

Tabel 4. Waktu pembekuan pengecoran aluminium dari beberapa proses pengecoran [16].

Casting process	Mould material	Solidification time (second)
Permanent mould	Steel	47
Core	Silica Sand	175
	Zilicon sand	80
Disamatic	Silica / clay	85

(from Hansen P.N., Kasmussen N.W., Andersen U. & M. AFS trans, 104, 1996,p. 873)

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. Perbaikan (*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*)

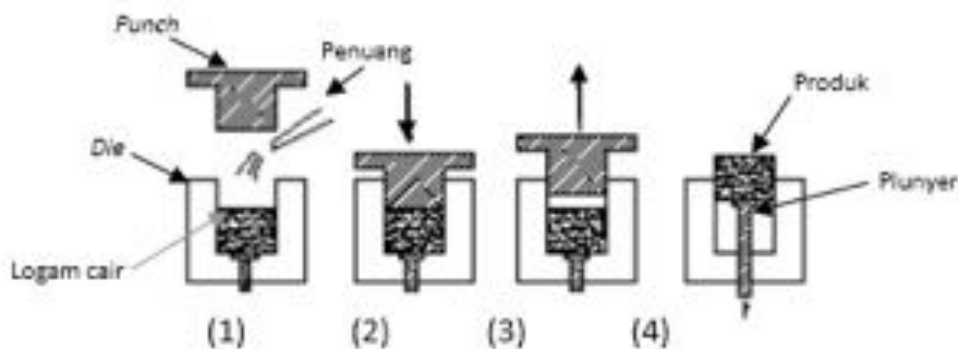
Pengecoran *squeeze* sering digambarkan sebagai suatu proses dimana logam cair dibekukan di bawah tekanan eksternal yang relatif tinggi. Proses ini mengkombinasikan proses *forging* dan *casting*. Pengecoran *squeeze* disebut juga penempaan logam cair (*liquid metal forging*). Proses pemadatan logam 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*)

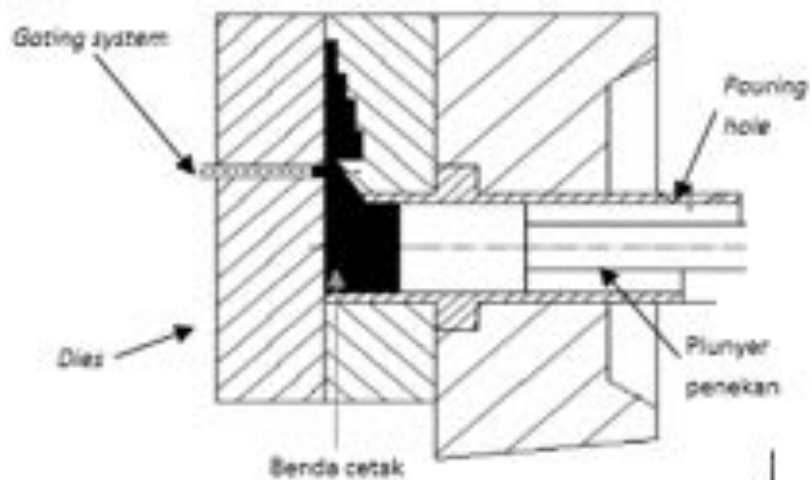
DSC merupakan proses pengecoran dimana logam cair didinginkan melalui pemberian tekanan secara langsung yang diharapkan mampu mencegah munculnya porositas gas dan penyusutan [19]. Mekanisme DSC dapat dilihat pada Gambar 6.



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.

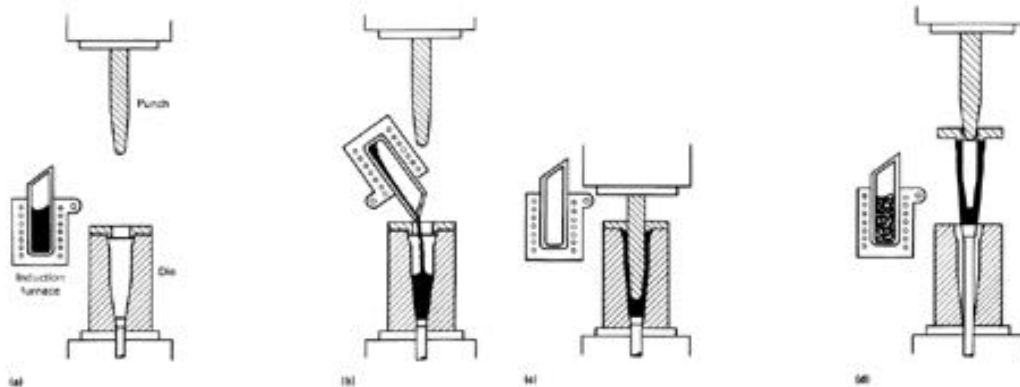
Hasil riset ini diharapkan dapat memperkuat sistem inovasi nasional di bidang industri manufaktur dengan diperolehnya teknologi yang dapat diaplikasikan untuk membuat komponen otomotif yang ringan dengan karakteristik yang unggul, disamping itu aluminium merupakan logam yang telah diproduksi secara mandiri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

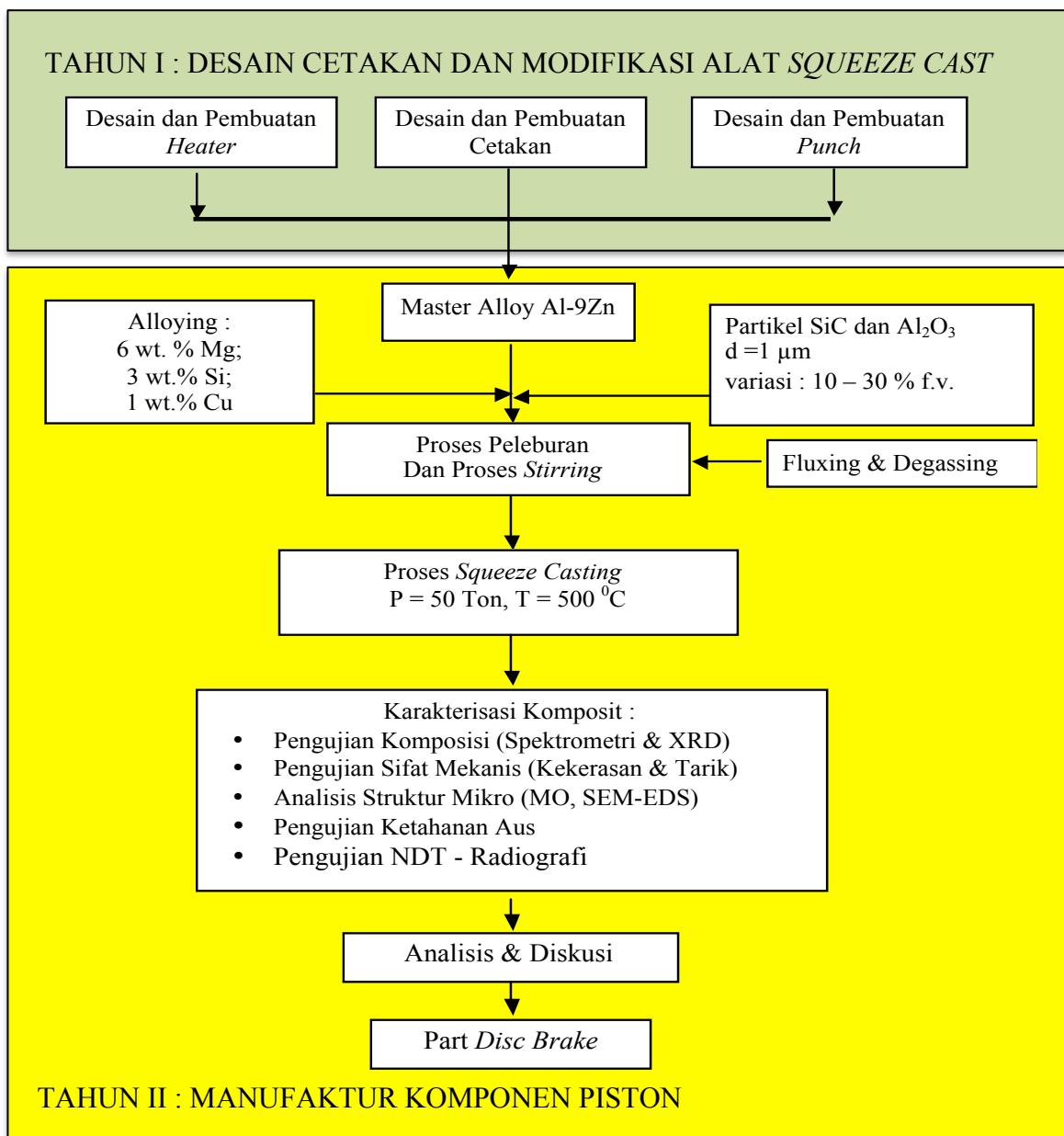
Pada penelitian ini digunakan metode *squeeze casting* untuk membuat komposit. *Squeeze casting* atau dikenal sebagai pembentukan logam cair (*liquid metal forging*) yaitu sebuah proses logam cair membeku dibawah tekanan dengan cetakan tertutup yang diposisikan antara pelat pada cetakan hidrolik. Tekanan 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 820-850⁰C.
 - 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 PENGARUH VARIASI KOMPOSISI KOMPOSIT

A. Komposisi Komposit

Tabel 5. Paduan Aluminium Komposit Al 9Zn 6Mg 3Si berpenguat Alumina.

%	Matriks Aluminium (90%)			Al ₂ O ₃ (Wt 10%)
	Al-Si (3 % wt)	Zn (9 wt%)	Mg (6 wt%)	
ρ	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

Tabel 6. Paduan Aluminium komposit Al 9Zn 6Mg 3Si berpenguat SiC

%	Matriks Aluminium (90%)			SiC (Wt 10%)
	Al-Si (3 % wt)	Zn (9 wt%)	Mg (6 wt%)	
ρ	2700 kg/m ³	7135 kg/m ³	1738 kg/m ³	2330 kg/m ³
m	0,0776 kg	0,0081 kg	0,0054 kg	0,00786 kg

Tabel 7. Komposisi komposit Al 9Zn 6Mg 3Si berpenguat Alumina dan SiC

%	Matriks Aluminium (90%)			Al ₂ O ₃ (Wt 5 %)	SiC (Wt 5%)
	Al-Si (3 % wt)	Zn (9 wt%)	Mg (6 wt%)		
ρ	2700 kg/m ³	7135 kg/m ³	1738 kg/m ³	3980 kg/m ³	2330 kg/m ³
m	0,0776 kg	0,0081 kg	0,0054 kg	0,0066 kg	0,0039 kg

B. Analisa pengujian komposisi kimia

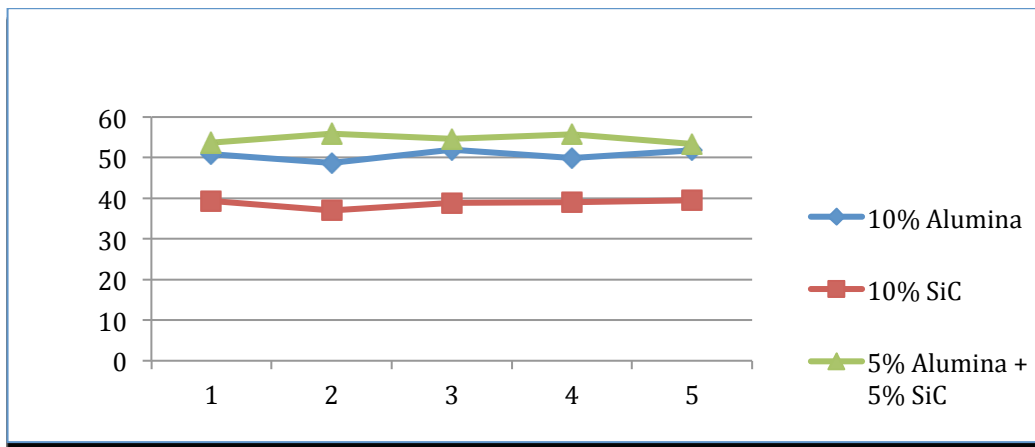
Hasil pengujian komposisi kimia material aluminium komposit serta matriks Mg, Si, Zn dan variasi penguat dengan metode *squeeze casting* ditunjukkan pada Tabel 8. Pengujian komposisi kimia tersebut dilakukan dengan menggunakan *Spectrometer* yang dilakukan setelah pengecoran *squeeze casting*. Pengujian komposisi kimia tersebut disesuaikan dengan ASTM E1251

Tabel 8. Hasil pengujian komposisi kimia

Sampel	Komposisi kimia (%)					
	Si	Fe	Zn	Mg	Cu	Al
1.1	9,71	0,269	11,6	0,034	0,220	Bal
3.1	2,42	0,221	7,01	0,014	0,171	Bal
7.1	10,9	0,269	9,76	0,096	0,192	Bal

C. Analisis pengujian kekerasan

Data dari hasil pengujian kekerasan pada alumunium komposit dengan matriks Zn, Mg, Si, dan variasi penguat seperti 10% Alumina, 10% SiC, Dan 5% Alumina + 5% SiC dapat dilihat pada Gambar 4.1 Dimana Seluruh Sampel diberi beban total sebesar 100 kgf



Gambar 10. Grafik pengujian kekerasan

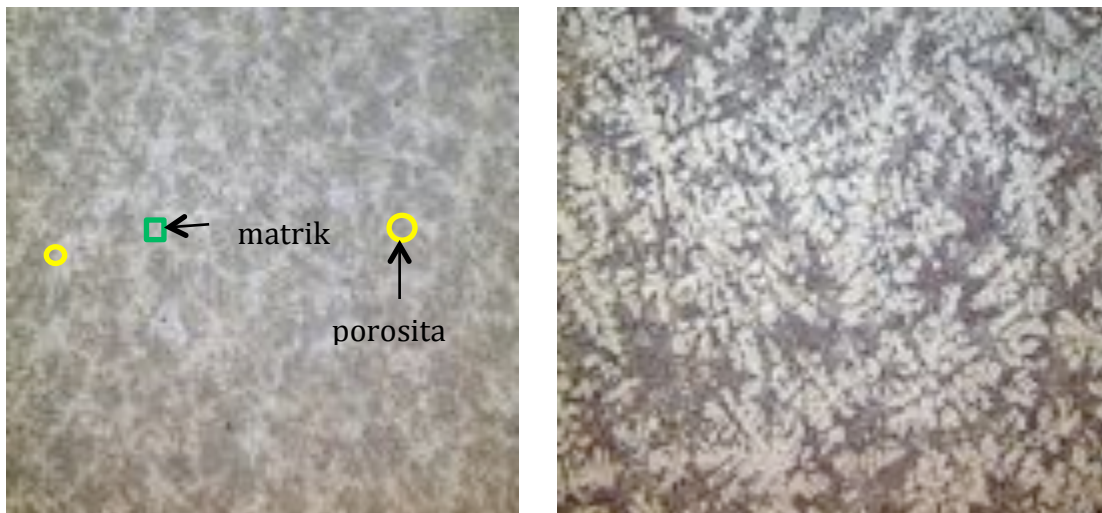
Dari hasil gambar diatas bahwa nilai rata-rata dari kekerasan setiap sampel berbeda-beda. Material dengan penguat 10% alumina mempunyai nilai rata-rata kekerasan sebesar 39 HRB. Material penguat 10% SiC memiliki rata-rata nilai kekerasan 51 HRB. Dan material berpenguat 5%alumina + 5% Sic memiliki nilai rata-rata kekerasan 55 HRB. Sampel yang berpenguat 10% SiC memiliki kekerasan yang lebih rendah dibanding yang berpenguat 10% alumina dan 5% alumina + 5%Sic.

Dari data tersebut bahwa campuran penguat alumina dan SiC sangat berpengaruh terhadap kekerasan dari alumunium komposit. Selain proses penekanan (*squeeze*) pada proses semisolid dari alumunium komposit, penggabungan dari 2 penguat alumina dan SiC mampu memperbaiki struktur mikro sehingga akan meningkatkan kekerasan. Hal ini terlihat bahwa nilai kekerasan dari 5% alumina + 5% SiC adalah 55 HRB

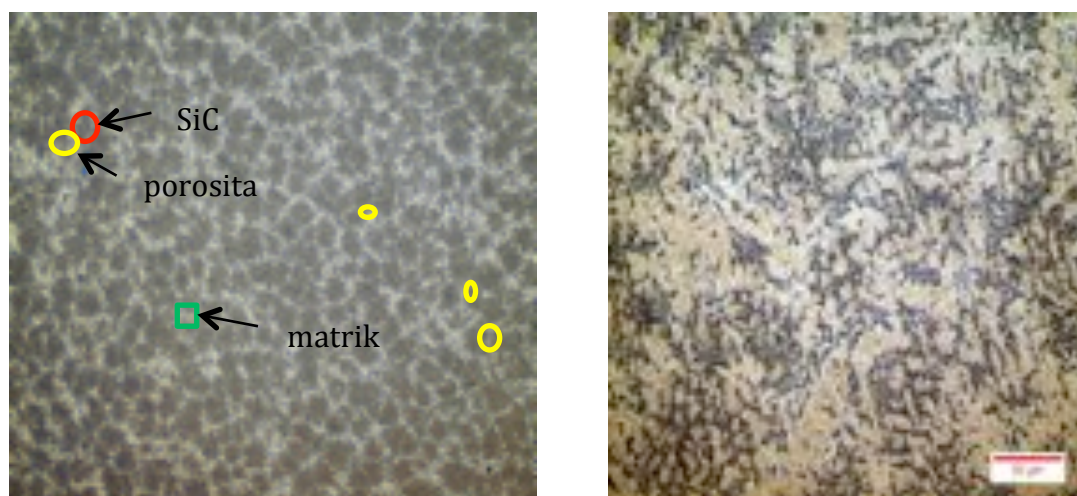
Jadi, pengaruh pada penggabungan penguat alumina dan SiC dapat memperbaiki kekerasan logam. Partikel alumina sangat berperan dalam meningkatkan kekuatan dari meterial dan partikel SiC berperan meningkatkan kekerasan. Komposit dengan ukuran partikel penguat yang lebih kecil memiliki sifat mekanis yang lebih baik.

D. Analisis Metalografi

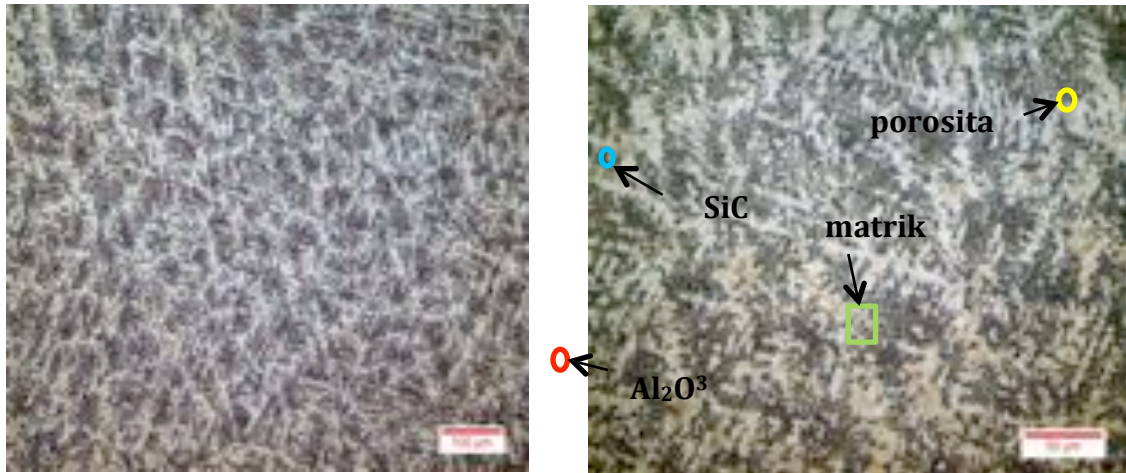
Pengujian metalografi dimaksudkan untuk memperoleh gambaran struktur makro dan mikro dari permukaan dari sampel alumunium komposit hasil pengecoran *Squeeze casting* dengan variasi penguat. Struktur mikro dan makro dapat dilihat pada gambar di bawah ini ditunjukkan hasil pengujian metalografi mulai dari komposit penguat 10% alumina, komposit penguat 10% SiC dan komposit penguat 5% alumina + 5% SiC.



Gambar 11. Pengamatan struktur Mikro komposit berpenguat 10% alumina



Gambar 12. Pengamatan Struktur Mikro komposit dengan penguat 10% SiC



Gambar 13. Hasil pengamatan struktur mikro komposit berpenguat 5% alumina + 5% SiC

Dari pengamatan mikro struktur dapat dilihat bahwa struktur dendrit pada sampel berpenguat 10% SiC lebih kasar dibandingkan dengan sampel yang berpenguat 10% alumina dan 5% alumina + 5% SiC. Cacat defect pada sampel berpenguat 10% alumina lebih besar dibandingkan sampel yang berpenguat 10% SiC dan 5% alumina + 5% SiC.

Jadi, penambahan partikel alumina cenderung menggumpal didalam matriks dan struktur dendrit menjadi halus. Penyebab struktur dendrit halus dikarenakan pertumbuhan aliran dendrit tersebut berhenti karna gumpalan yang terdapat pada partikel alumina. Maka komposit berpenguat 5% alumina ditambah 5% SiC akan lebih halus lagi dikarenakan lebih banyak lagi gumpalan yang pada matriks tersebut.


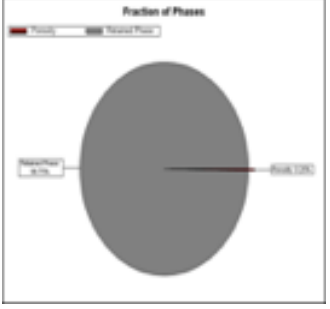

E. Analisis porositas

Dari hasil pengecoran piston empat langkah dengan bahan material Al-Si, 9%Zn, 6% Mg serta variasi penguat menggunakan metode *squeeze casting* terbukti dapat mengurangi cacat porositas. Hasil pengujian porositas dapat dilihat pada Tabel 9. Dari hasil pengujian porositas bahwa sampel aluminium komposit berpenguat 10% alumina mempunyai persentase porositas 0,14%, Aluminium komposit 10% SiC mempunyai persentase 0,25 % dan aluminium komposit dengan berpenguat 5% alumina + 5% SiC mempunyai persentase 0,15%.

Nilai porositas pada komposit berpenguat 10% alumina memiliki nilai porositas yang lebih kecil dibandingkan dengan komposit yang berpenguat 10% SiC. Nilai porositas lebih kecil disebabkan sudut kontak antara partikel alumina yang berukuran 5 mikron dengan matriks yang relatif lebih kecil. Sedangkan komposit berpenguat 10% SiC yang

berukuran 37 mikron memiliki nilai porositas yang cukup tinggi yang memiliki sudut kontak yang lebih besar

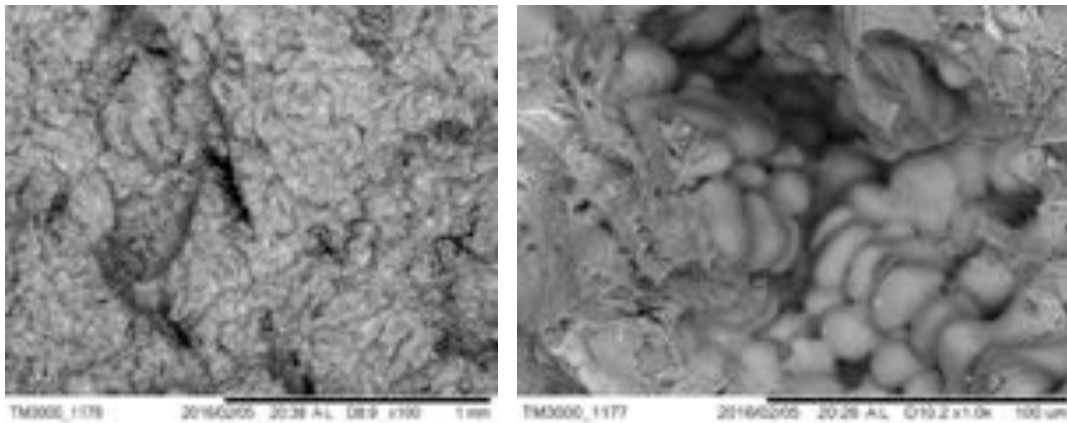
Tabel 9. Hasil Pengamatan Porositas

No	Material Uji	Pengamatan Porositas
1	10% Alumina	
2	10% SiC	
3	5% Alumina + 5% SiC	

Jadi komposit yang memiliki partikel lebih kecil ukurannya mempunyai sudut kontak yang relatif kecil dan bersifat homogen. Sedangkan partikel yang berukuran besar memiliki sudut kontak lebih besar dan bersifat tidak homogen. Oleh karena itu komposit berpenguat 10% SiC memiliki nilai porositas yang lebih tinggi yaitu 0,25% dari pada komposit berpenguat 10% Alumina dengan persentase porositas 0,14%.

F. Pengamatan dengan SEM + EDAX

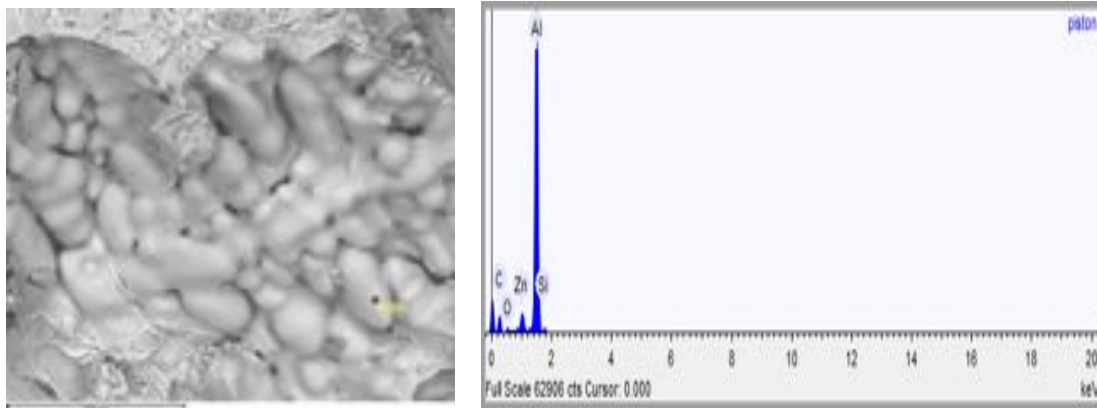
Data dari hasil pengamatan mikro struktur dengan menggunakan SEM pada komposit alumunium dengan matriks Zn, Mg, Si dan variasi penguat dapat dilihat pada gambar dibawah ini mulai dari komposit berpenguat 10% alumina, 10% SiC dan 5% alumina + 5% SiC.



Gambar 14. Komposit yang berpenguat 10% alumina

Dari hasil pengamatan SEM sampel berpenguat 10% Alumina terlihat partikel alumina tidak meyebar pada matriks alumunium. Disebabkan pada proses pengadukan yang dilakukan kurang maksimal oleh karena itu partikel alumina tidak menyebarkan. Sampel berpenguat 10% alumina terlihat partikel SiC menyebarkan pada Matrik alumunium komposit. Pada sampel yang berpenguat 5% alumina + 5% SiC terlihat bahwa yang menyatu pada matriks komposit alumunium adalah partikel dari SiC dan partikel alumina menggumpel (berkumpul) pada bagian matriks lainnya. Jadi, pengabungan dari penguat alumina dan SiC sangat baik untuk meminimalisir timbulnya cacat *void* atau porositas dan dapat meningkatkan kekerasan dari logam.

Hasil pengamatan menggunakan EDAX didapat analisa komposisi secara kuantitatif didasarkan pada intensitas puncak energi sinar X. Hasil dari komposisi material yg menggunakan sinar X terdapat pada alumunium matriks dengan penguat 10% alumina dapat dilihat pada Gambar 15. Dari pengamatan *spectrum* dengan menggunakan EDAX didapat komposisi kimia. Komposisi kimia dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini. Dari hasil pengamatan EDAX bahwa atom karbon terlihat lebih besar, hal ini disebabkan pada sampel dilapisi bahan karbon agar struktur mikro yang ada disampel terlihat.



Gambar 15. Pengamatan spektrum dengan EDAX yang penguat 10% alumina

Tabel 10. Hasil komposisi kimia dengan menggunakan EDAX

Element	Atomic (%)
Carbon	60,651
Oxygen	6,005
Alumunium	31,024
Silicon	0,623
Zinc	1,605

Dari hasil pengamatan spectrum menggunakan EDAX semua sampel terdapat material carbon dengan persentase yang cukup besar. Dikarenakan semua sampel dilapisi bahan karbon agar dapat terlihat. Dan hasil pengamatan SEM terlihat bahwa partikel dari penguat terlihat menggumpal. Jadi, hasil pengamatan SEM + EDAX mengkonfirmasi adanya gumpalan pada partikel penguat yang terdapat pada matriks alumunium.

5.2 PENGARUH TEMPERATUR CETAKAN

A. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dimaksudkan untuk mengetahui kandungan unsur apa saja yang terdapat dalam logam tersebut. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan *spectrometer* dengan standar ASTM E1251. Hasil dari pengujian komposisi

kimia dapat dilihat pada Tabel 13 dibawah ini. Sampel A untuk temperatur cetakan 100°C, sampel B untuk temperatur cetakan 200°C, dan sampel C untuk temperatur cetakan 300°C.

Tabel 13. Hasil pengujian komposisi kimia

Kode Sampel	Si (%)	Fe (%)	Cu (%)	Mg (%)	Zn (%)	Mn (%)	Al (%)
A	8.93	0.237	0.188	0.018	10.5	0.018	Bal.
B	2.72	0.314	0.089	>12.0***	4.16	0.050	Bal.
C	2.60	0.279	0.120	>12.0***	8.31	0.045	Bal.

Paduan aluminium dengan seng (*Zn*) merupakan paduan yang paling terkenal karena merupakan bahan pembuat badan dan sayap pesawat terbang. Paduan ini memiliki kekuatan tertinggi dibandingkan paduan lainnya, Aluminium dengan 5.5% seng dapat memiliki kekuatan tarik sebesar 580 MPa dengan elongasi sebesar 11% dalam setiap 50mm bahan. Bandingkan dengan aluminium dengan 1% magnesium yang memiliki kekuatan tarik sebesar 410 MPa namun memiliki elongasi sebesar 6% setiap 50 mm bahan. Penambahan mangan memiliki akan berefek pada sifat dapat dilakukan pengerasan tegangan dengan mudah (*work-hardening*) sehingga didapatkan logam paduan dengan kekuatan tarik yang tinggi namun tidak terlalu rapuh. Selain itu, penambahan mangan akan meningkatkan titik lebur paduan aluminium.

Dari hasil pengujian komposisi kimia diatas dapat dilihat bahwa adanya perbedaan persentase paduan yang terkandung dari masing-masing sampel, hal ini terjadi akibat adanya unsur paduan yang menguap pada saat proses peleburan yang mengakibatkan unsur paduan yang terkandung dari masing-masing sampel berbeda persentase unsur paduannya. Penyebab utama menguapnya unsur paduan adalah karena proses peleburan yang terlalu lama yang mengakibatkan unsur paduan menjadi menguap dan berkurang yang menyebabkan terjadinya perbedaan persentase unsur paduan antara sampel yang satu dengan yang lain.

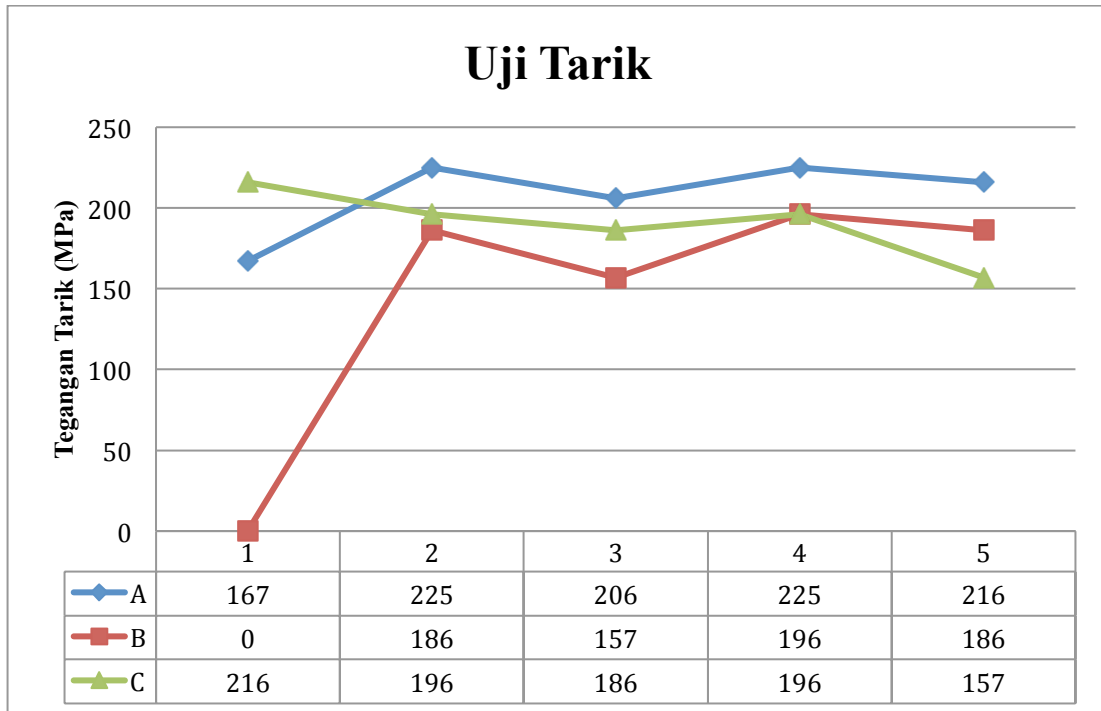
B. Analisis Pengujian Tarik

Data hasil pengujian tarik spesimen standar ASTM E8/E8M - 09 tipe II pada aluminium komposit dengan matriks Zn, Mg, Si, dan Al₂O₃ untuk mengetahui kuat tarik

dari masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 14 dan untuk grafik dari hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 16.

Tabel 14 Hasil uji tarik

Sampel				Kuat Tarik (kg/ mm ²) [MPa]	Regangan (%)	Keterangan
Kode	Dimensi Ukur (mm)	Luas (mm ²)	Panjang Ukur (mm)			
A1	t = 2.90 w = 12.26	35.55	50	17 [167]**	1.84	-
A2	t = 2.86 w = 12.26	35.06	50	23 [225]**	2.60	-
A3	t = 2.57 w = 12.26	31.51	50	21 [206]**	2.30	-
A4	t = 2.80 w = 12.26	34.33	50	23 [225]**	2.80	-
A5	t = 2.52 w = 12.26	30.89	50	22 [216]**	2.60	-
Rata-rata				207.8 MPa		
B2	t = 2.80 w = 12.26	34.33	50	19 [186]**	1.00	-
B3	t = 2.95 w = 12.27	36.19	50	16 [157]**	1.24	-
B4	t = 2.83 w = 12.27	34.72	50	20 [136]**	1.50	-
B5	t = 2.98 w = 12.30	36.65	50	19 [186]**	0.80	-
Rata-rata				166.2 MPa		
C1	t = 2.80 w = 12.28	34.38	50	22 [216]**	1.00	-
C2	t = 2.80 w = 12.28	34.38	50	20 [196]**	0.80	-
C3	t = 2.83 w = 12.28	34.75	50	19 [186]**	1.00	-
C4	t = 2.80 w = 12.28	34.38	50	20 [196]**	1.30	-
C5	t = 2.96 w = 12.28	36.35	50	16 [157]**	1.00	-
Rata-rata				190.2 MPa		



Gambar 16. Grafik hasil pengujian tarik

Dari data hasil uji tarik diatas maka dapat disimpulkan dari sampel A dengan temperatur cetakan 100°C jika dirata-ratakan maka kuat tariknya sebesar 207.8 MPa. Pada sampel B dengan temperatur cetakan 200°C kuat tarik yang didapat menurun menjadi sebesar 166.2 MPa. Sedangkan pada sampel C dengan temperatur cetakan 300°C nilai kuat tariknya sebesar 190.2 MPa. Hal ini dikarenakan pengaruh temperatur cetakan yang diberikan yang membuat struktur mikro setiap sampel memiliki perbedaan.

Pengaruh temperatur cetakan bisa menjadikan kualitas hasil coran menjadi kuat atau bagus, karena semakin tinggi temperatur cetakan maka akan membuat cairan logam menjadi lama membeku dan membuat kualitas hasil coran menjadi tidak baik, begitu pun sebaliknya apabila temperatur cetakan rendah itu akan membuat cairan logam menjadi cepat membeku dan menghasilkan struktur coran yang baik. Hal ini dapat terjadi karena pada temperatur cetakan yang lebih tinggi maka perpindahan panas dari logam cair ke cetakan lebih lambat. Perpindahan panas yang lambat akan menyebabkan pembekuan yang lambat pula sehingga struktur silikon yang terbentuk lebih kasar. Fenomena ini juga menunjukkan dengan meningkatnya laju pendinginan, pertumbuhan fasa silikon terhalang akibat terbentuknya kristal aluminium yang membungkus kristal silikon sehingga menghasilkan penyebaran terhadap pertumbuhan matrik.

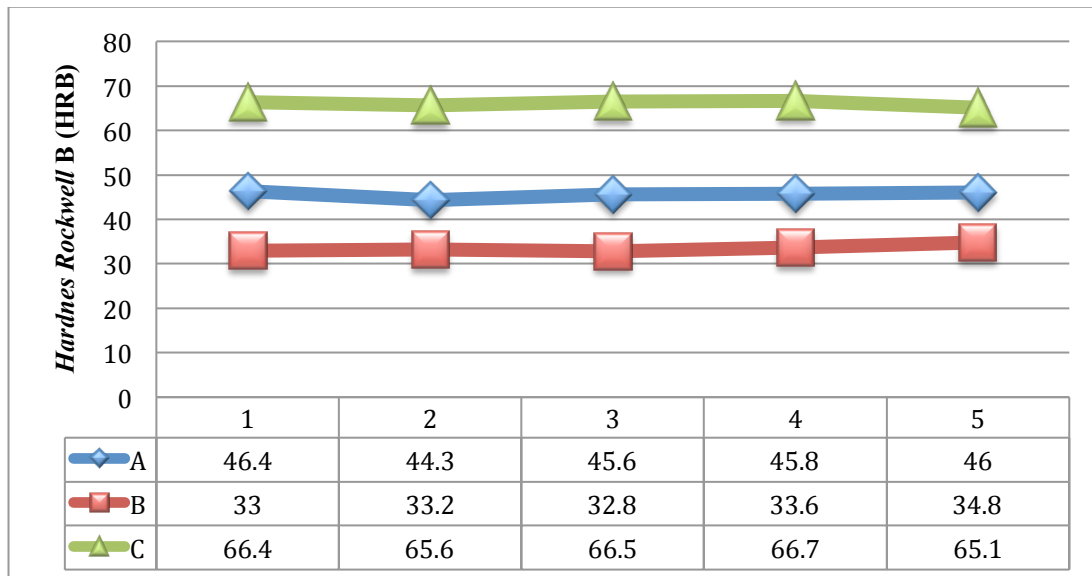
Kekerasan rata-rata pada temperatur cetakan rendah lebih tinggi terhadap temperatur cetakan tinggi baik pada pengecoran tuang maupun pada pengecorandengan tekanan. Struktur silikon pada pengecoran dengan temperatur cetakan rendah relatif lebih halus dibandingkan pada pengecoran pada temperatur cetakan tinggi. Hal ini dapat membuktikan bahwa semakin halus struktur silikon maka semakin tinggi pula kekerasan paduan [3].

C. Analisis Pengujian Kekerasan

Data dari hasil pengujian kekerasan pada aluminium komposit dengan matriks Zn, Mg, Si, dan Al_2O_3 dapat dilihat pada Tabel 15.4 dan untuk grafik hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Gambar 17. Sampel diberi tanda dengan abjad sesuai dengan variasi temperatur cetakan, sampel A untuk temperatur cetakan $100^\circ C$, sampel B untuk temperatur cetakan $200^\circ C$, dan sampel C untuk temperatur cetakan $300^\circ C$. Dimana seluruh sampel di jejak dengan pemberian beban total sebesar 100 kgf.

Tabel 15. Hasil uji kekerasan

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Rockwell	Rata-rata	Keterangan
A	I	46.4	46	HRB Load: 100 kgf
	II	44.3		
	III	45.6		
	IV	45.8		
	V	46.0		
B	I	33.0	33	HRB Load: 100 kgf
	II	33.2		
	III	32.8		
	IV	33.6		
	V	34.8		
C	I	66.4	66	HRB Load: 100 kgf
	II	65.6		
	III	66.5		
	IV	66.7		
	V	65.1		



Gambar 17. Grafik Pengujian Kekerasan

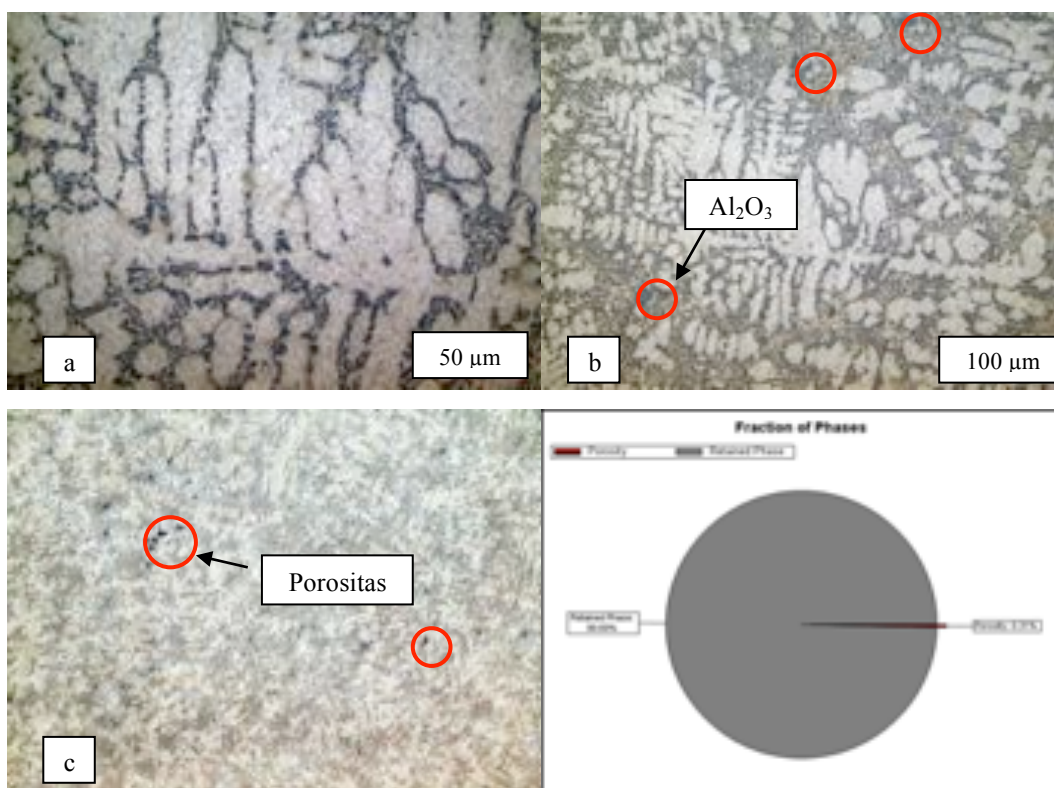
Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang dihasilkan memiliki hasil yang berbeda berdasarkan temperatur cetakan yang diberikan pada saat proses pengecoran. Dimana nilai rata-rata kekerasan aluminium komposit dari sampel A dengan temperatur cetakan 100°C adalah 46 HRB. Sedangkan sampel B dengan temperatur cetakan sebesar 200°C memiliki nilai kekerasan 33 HRB dan sampel C dengan temperatur cetakan 300°C memiliki nilai kekerasan 66 HRB. Jika dilihat dari hasil pengujian kekerasan nilai terbesar yang didapat adalah pada temperatur cetakan 300°C. Hal ini disebabkan karena besarnya temperatur cetakan yang membuat proses pembekuan bagian dalam coran mendingin lebih lambat dari pada bagian luarnya sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal mengarah ke bagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom. Struktur ini muncul dengan jelas apabila gradien temperatur yang besar terjadi pada permukaan coran besar [8]. Akibat adanya perbedaan kecepatan pembekuan, maka terbentuklah inti kristal baru yang disebut *nukleus* yang membuat struktur mikro menjadi lebih padat.

D. Analisis Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi dimaksudkan untuk memperoleh gambaran struktur makro dan mikro permukaan dari sampel aluminium komposit hasil pengecoran *squeezecasting* dengan variasi temperatur cetakan 100°C, 200°C dan 300°C. Pada Gambar dibawah ini

ditunjukkan hasil dari pengujian metalografi mulai dari temperatur 100°C, 200°C dan 300°C.

Dari hasil pengujian metalografi menunjukkan bahwa pada temperatur cetakan 100°C struktur mikro berbentuk *globular* sedangkan untuk porositasnya hanya 0.31%. Sedangkan pada temperatur cetakan 200°C dan temperatur cetakan 300°C struktur mikronya berbentuk *dendritik* sedangkan untuk porositasnya pada temperatur cetakan 200°C dan 300°C meningkat menjadi 1.86% untuk temperatur 200°C dan 1.39% pada temperatur cetakan 300°C.



Gambar 18. Struktur mikro pada temperatur cetakan 100°C

Porositas terbesar terjadi pada temperatur cetakan 200°C, ini disebabkan karena pengaruh dari komposisi kimia yang terdapat pada temperatur cetakan 200°C yang terendah dibandingkan dengan yang lain. Hal ini yang membuat porositas pada temperatur cetakan 200°C menjadi yang paling besar dibandingkan yang lainnya. Terdapatnya porositas pada logam ada dua jenis, yaitu porositas penyusutan (*shrinkage*) dengan bentuk tidak teratur dan porositas gas berbentuk lingkaran. Namun porositas ditinjau dari ukuran ada dua, yaitu porositas makro dan mikro. Porositas penyusutan dengan bentuk tidak

teratur ini disebabkan oleh ketidakmampuan/kekurangan silikon eutektik untuk menetralkan penyusutan dan kontraksi panas (deformasi) selama proses pembekuan. Selama pembekuan terjadi proses *feeding* dimana silikon eutektik yang terbentuk akan melingkungi butir *dendrit* dan bersirkulasi ke semua sistem struktur. Pada cairan logam murni jika didinginkan secara perlahan maka pembekuan terjadi pada temperatur yang konstan dan membuat struktur mikro menjadi lebih halus serta membuat berkurangnya porositas atau cacat *void*, temperatur ini disebut titik beku. Dalam pembekuan logam cair, pada permulaan tumbuhlah inti kristal, kemudian kristal-kristal tumbuh disekeliling inti tersebut, akhirnya seluruhnya ditutupi oleh butir kristal sampai logam cair habis. Ukuran butir kristal tergantung pada laju pengintian dan pertumbuhan inti, semakin cepat laju pendinginan maka akan membuat struktur mikro yang halus dan rendah akan cacat *void*, sedangkan laju pendinginan yang lambat akan membuat struktur mikro yang kasar serta banyak mengandung cacat *void* dan porositas. Cacat *void* terjadi akibat lamanya proses pembekuan. Kalau laju pertumbuhan lebih besar dari laju pengintian maka didapat kelompok butir yang besar dan kalau laju pengintian lebih besar dari laju pertumbuhan inti maka didapat kelompok butir yang halus [7].

Dari hasil pengujian metalografi terhadap aluminium komposit yang diperoleh, bahwa tingginya temperatur cetakan dalam proses *squeeze casting* mampu menghasilkan cacat *void* atau porositas yang tinggi. Selain porositas, pengaruh temperatur cetakan yang diberikan pada proses pengecoran *squeeze* juga mampu merubah struktur mikro yang *globular* menjadi struktur *dendritik*.

Jadi kesimpulan dari pengujian ini adalah dengan dengan meningkatnya temperatur cetakan yang diberikan saat proses *squeeze casting* terhadap aluminium komposit mampu merubah struktur mikro *globular* dari aluminium komposit menjadi berbentuk struktur *dendritik*, dan dapat meningkatkan timbulnya cacat *void* atau porositas akibat tingginya temperatur cetakan yang memperlambat pembekuan, sehingga dapat menurunkan kekuatan uji tarik karena terjadinya pengetasan pada proses uji tarik dan kekerasan yang meningkat.

E. Karakteristik Tribologi Piston

Pengujian keausan menggunakan metode *ogoshi* dengan standar ASTM G99, pengujian keausan ini untuk mengetahui laju keausan dari dua piston yang terbuat dari

komposit matriks aluminium dengan penguat alumina 10% dan aluminium alloy dengan perbandingan keausan dengan pelumasan dan tanpa pelumasan dengan cara digesek menggunakan disk dengan kecepatan 1.97 m/s dan diberikan beban 3.16 kg dengan jarak tempuh gesekan 100.000 mm. Tabel 16 menunjukkan hasil pengujian keausan yang dilakukan menggunakan metode *ogoshi* dengan menggunakan standar ASTM G99.

Dari hasil pengujian keausan piston dengan material komposit matriks aluminium berpenguat alumina mendapatkan hasil abrasi keausan sebesar $1.4149 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ sedangkan piston dengan material *alloy* mendapatkan tingkat abrasi $3.5041 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ keausan pada pengujian ini dihasilkan karna gesekan dari pin dengan tebal cincin 3 mm dan diameter cincin 30 mm dan diputar dengan kecepatan 1.97 m/s dengan menggunakan beban tekanan 3.16 kg saat berputar dan hasil keausan dari piston dengan material *alloy* lebih tinggi dibandingkan piston dengan material komposit matriks aluminium hal ini disebabkan karna kekerasan berpengaruh terhadap keausan dimana hasil kekerasan dari piston dengan material komposit lebih tinggi karna adanya penambahan penguat alumina sebesar 10% yang menyebar keseluruh permukaan piston dan meningkatkan hasil kekerasan pada piston dengan material komposit matriks berpenguat alumina 10% maka tingkat keausan pada piston komposit matriks lebih rendah dibandingkan dengan piston dengan material *alloy*.

Tabel 16. Hasil pengujian keausan piston

Material	Pelumasan	Lebar Jejak Rata-rata (mm)	Tebal Cincin (mm)	Diameter Cincin (mm)	Spesifikasi Abrasi (mm^3/mm)
Komposit	Non	2.04	3	30	1.4149×10^{-6}
Komposit	SAE 20W-40	1.42	3	30	0.4772×10^{-6}
Paduan Al	Non	2.76	3	30	3.5041×10^{-6}
Paduan Al	SAE 20W-40	1.96	3	30	0.9242×10^{-6}

Dari hasil pengujian keausan piston dengan material komposit matriks setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan bantuan pelumasan hasilnya menjadi lebih rendah tingkat keausannya sebelum menggunakan pelumasan mendapatkan hasil abrasi

sebesar $1.4149 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, setelah diberikan pelumasan keausan yang di terima pada permukaan piston lebih rendah sebesar $0.4772 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ dan pada piston yang menggunakan material *alloy* sebelum diuji keausan tanpa bantuan pelumasan mendapatkan tingkat keausan sebesar $3.5041 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ dan setelah diberikan bantuan pelumasan tingkat abrasi pada piston dengan material *alloy* menjadi lebih rendah sebesar $1.2549 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ dari pengujian ini pengaruh pelumasan dengan kekentalan 20W-40 cukup berpengaruh untuk mengurangi keausan pada permukaan piston karna pelumasan dapat melindungi piston dari keausan yang di sebabkan gesekan pada permukaan piston.

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Dari hasil penelitian diperoleh desain part komponen otomotif berupa piston motor untuk mesin 4 langkah, yang dikembangkan dari material dengan komposisi Al-9Zn-6Mg-3Si dengan penguat 10 % fraksi volume penguat alumina dengan teknologi *squeeze casting*.
2. Desain cetakan untuk membuat piston dengan proses *squeeze casting* dilakukan dengan perhitungan volume dan luas sistem saluran berupa saluran masuk dan saluran penambah Hasil desain selanjutnya diverifikasi dengan simulasi menggunakan software Z-Cast untuk mengetahui proses solidifikasi dengan cacat penyusutan minimal.
3. Dari hasil pengujian kekerasan didapat bahwa 10% alumina memiliki nilai kekerasan 39 HRB, komposit penguat 10% SiC memiliki nilai kekerasan 51% HRB dan komposit 55% HRB. Pada komposit berpenguat 10% alumina memiliki kekerasan lebih kecil dikarenakan proses pengadukan antara penguat dan ingot tidak maksimal.
4. Dari hasil pengujian porositas komposit berpenguat 10% alumina memiliki porositas sebesar 0,14%, komposit berpenguat 10% SiC memiliki porositas sebesar 0,25% dan komposit berpenguat 5% alumina + 5% SiC memiliki porositas sebesar 0,14%. Komposit berpenguat 10% alumina memiliki nilai porositas yang sangat kecil karena partikel alumina yang berukuran 5 μ m sehingga sudut kontak antara penguat dan matriks sangat relatif kecil dan menyebabkan laju pertumbuhan dendrit akan berhenti.
5. Hasil pengamatan SEM + EDAX mengkonfirmasi adanya gumpalan partikel pada matriks alumunium, yang disebabkan kurang maksimal nya proses pengadukan.
6. Tingginya temperatur cetakan pada proses pengecoran *squeeze* dapat meningkatkan timbulnya cacat *void* atau porositas sehingga sangat berpengaruh pada kekuatan uji tarik, struktur mikro, dan kekerasan.
7. Pada temperatur cetakan 100°C diperoleh porositas terendah yaitu sebesar 0.31%, sedangkan pada temperatur cetakan 200°C memiliki porositas terbesar yaitu sebesar 1.86%, dan untuk temperatur cetakan 300°C porositasnya hanya sebesar 1.39%.
8. Peningkatan temperatur cetakan dari 100°C dan 300°C meningkatkan hasil kekerasan dari 46 HRB menjadi 66 HRB. Hal ini disebabkan karena pada temperatur cetakan 300°C tumbuh inti kristal baru yang disebut *nukleus* yang membuat struktur mikro

menjadi lebih padat. Sedangkan pada temperatur 200°C kekerasan menurun menjadi 33 HRB diakibatkan banyaknya porositas yang terdapat pada temperatur cetakan 200°C.

9. Nilai kekuatan uji tarik tertinggi dari aluminium komposit diperoleh oleh sampel dengan temperatur cetakan sebesar 100°C yakni sebesar 207.8 MPa. Hal ini disebabkan karena mikro struktur yang terdapat pada temperatur cetakan 100°C sangat halus, sedangkan pada pemberian temperatur cetakan sebesar 200°C dan 300°C mengalami penurunan yaitu sebesar 166.2 MPa dan 190.2 MPa yang disebabkan terjadinya penggetasan.
10. Pada pengujian kekerasan pada sampel piston dengan material komposit matriks dengan penambahan alumina 10% mendapatkan hasil kekerasan lebih tinggi sebesar 39 HRB dibanding sampel piston dengan material *alloy* yaitu sebesar 34 HRB.
11. Pada pengujian keausan piston hasil dari piston dengan material komposit matriks aluminium mendapatkan hasil keausan $1.4149 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ dan pada piston dengan material aluminium mendapatkan hasil keausan lebih tinggi yaitu sebesar $3.5041 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$.
12. Hasil pelumasan pada pengujian keausan dapat mengurangi keausan pada piston dengan material komposit matriks dari pengujian sebelumnya tanpa pelumasan mendapatkan hasil $1.4149 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ dan setelah diberikan pelumasan laju keausannya menjadi berkurang menjadi $0.4722 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ yang mengalami abrasi.

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.

12. B.T. Sofyan, S. Susanti, R. R. Yusfranto, *Peran 1 dan 9 w.t. % Zn dalam Proses Pengerasan Presipitasi Paduan Aluminium AA319*, Makara Teknologi, 12 (1) (2008), pp. 48-54.
13. Solechan, *Studi Pembuatan Prototipe Material Piston Menggunakan Limbah Piston Bekas dan ADC 12 yang Diperkuat Dengan Insert ST 60 dan Besi Cor*, Tesis, FT UNDIP, (2010).
14. Andersson, *“Teori Standarisasi Piston”*, 2002, Jakarta.
15. Amanto, *“Teori Mesin Pembakaran Dalam”*, 1999, Jakarta.
16. _____, *ASM Metals Handbook (Vol. 15): Casting*. 1988. ASM International Handbook Committee.
17. Jones, Robert M., *Mechanics of composite materials*, McGraw-Hill Kogakusha, 1975.
18. Tata Surdia, Kenji Chijiwa, *“Teknik Pengecoran Logam”*, Balai Pustaka 1991
19. Tjitro, Soejono, dan Firdaus., *Pengecoran Squeeze*, Jurnal Teknik Mesin, Vol 2, No 2, 2000.
20. N. Souissi, S. Souissi, C.L. Nivinen, M.B. Amar, C. Bradai, F. Elhalouani, *Optimization of Squeeze Casting Parameters for 2017 A Wrought Al Alloy using Taguchi Method*, Metals 4 (2014), pp 141-154.
21. O. Beffort, S.Long, C. Cayron, J. Kuebler, P. Buffat, *Alloying Effects on Microstructure and Mechanical Properties of High Volume Fraction SiC-Particle Reinforced Al-MMCs Made by Squeeze Casting Infiltration*, Composite Science and Technology 67, (2007), pp. 737-745.