



**KEMENTERIAN RISET DAN TEKNOLOGI/ BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL**

DEPUTI BIDANG PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN

Jalan M.H. Thamrin Nomor 8, Jakarta 10340, Gedung II BPPT Lantai 19 – 20

Telepon: (021) 3169707; Faksimile: (021) 3101728, 3102368

Laman: www.risbang.ristekdikti.go.id

Nomor : B/87/E3/RA.00/2020

28 Januari 2020

Lampiran : 4 (Empat) Berkas

Hal : Pengumuman Penerima Pendanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
di Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2020

Yth. 1. Rektor/ Direktur/ Ketua Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta

2. Kepala Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah I s/d XIV

Berdasarkan Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 7/E1/KPT/ 2020 tanggal 24 Januari 2020 tentang Penetapan Pendanaan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun Anggaran 2020, Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 8/E1/KPT/ 2020 tanggal 24 Januari 2020 tentang Penetapan Pendanaan Penelitian di Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2020, dan Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 9/E1/KPT/ 2020 tanggal 24 Januari 2020 tentang Penetapan Hasil Review Pendanaan Penelitian Tahun Anggaran 2020, bersama ini kami sampaikan daftar nama penerima pendanaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat tahun anggaran 2020 sebagai berikut:

1. Penerima Pendanaan Penelitian di Perguruan Tinggi Non-PTNBH Usulan Tahun 2019 (Lampiran 1)
2. Penelitian Kontrak Tahun Jamak 2019-2021 yang dilanjutkan pendanaannya (Lampiran 2)
3. Penerima Pendanaan Pengabdian Kepada Masyarakat (Lampiran 3)

Kami informasikan bahwa penerima pendanaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun Anggaran 2020 adalah pengusul yang proposalnya dinyatakan lolos seleksi, dan yang bersangkutan atau institusi telah memenuhi kewajiban sebagai berikut:

1. Mengunggah laporan kemajuan sampai dengan tahun 2019;
2. Mengunggah laporan akhir sampai dengan tahun 2019;
3. Melaksanakan seluruh tahapan seleksi sebagaimana disebutkan dalam Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Perguruan Tinggi Edisi XII Revisi Tahun 2019 untuk skema penelitian desentralisasi bagi Perguruan Tinggi klaster Mandiri, Utama, dan Madya sesuai dengan hasil klasterisasi tahun 2019;
4. Melaksanakan Monitoring dan Evaluasi penelitian secara daring sebagaimana surat Direktur DRPM dengan Nomor B/969/E3.1/RA.06/2019;
5. Mengunggah berkas kelengkapan seminar hasil bagi pelaksana Pengabdian kepada Masyarakat sampai dengan tahun 2019;
6. Tidak sedang dalam status tugas belajar baik untuk ketua maupun anggota, kecuali anggota pada skema Penelitian Pascasarjana;

7. Pendanaan penelitian diberikan dengan memperhatikan kuota berdasarkan h-index peneliti, kecuali untuk skema Penelitian Pascasarjana yang tidak dihitung sebagai kuota;
8. Hanya menjadi ketua di satu judul Pengabdian kepada Masyarakat, untuk pendanaan Pengabdian kepada Masyarakat tahun yang baru.

Adapun penelitian Penelitian Kontrak Tahun Jamak 2019-2021 yang dilanjutkan pendanaannya merupakan penelitian yang telah dinyatakan layak berdasarkan hasil monitoring dan evaluasi pada tahun 2019.

Apabila ada penerima pendanaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat sebagaimana tercantum pada lampiran ternyata tidak memenuhi salah satu dari ketentuan di atas, atau pelanggaran terhadap ketentuan Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi XII Revisi Tahun 2019 maka pendanaannya dapat ditinjau kembali.

Berkenaan dengan hal tersebut, DRPM mengucapkan selamat kepada penerima pendanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat tahun anggaran 2020. DRPM mengucapkan terimakasih kepada pengusul yang telah berpartisipasi, bagi pengusul yang belum mendapatkan pendanaan tahun ini dapat mengusulkan proposal penelitian dan pengabdian kepada masyarakat untuk pendanaan tahun 2021. Selanjutnya, kami mohon bantuan Bapak/Ibu untuk menyampaikan informasi di atas kepada nama-nama yang tercantum pada lampiran di Perguruan Tinggi masing-masing.

Perlu kami sampaikan bahwa mekanisme penyaluran dana akan dilakukan melalui kontrak. Berkaitan dengan hal ini, perlu kami sampaikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Untuk penelitian, diterapkan kontrak tahun tunggal dan kontrak tahun jamak. Kontrak tahun tunggal digunakan untuk kontrak penelitian yang pendanaannya hanya 1 (satu) tahun, adapun kontrak tahun jamak digunakan untuk kontrak penelitian yang pendanaannya lebih dari 1 (satu) tahun.
2. Kontrak dilakukan secara berjenjang. Untuk Perguruan Tinggi Negeri (PTN), kontrak dilakukan antara DRPM dengan Ketua LP/LPPM/LPM/Direktur Politeknik, adapun untuk Perguruan Tinggi Swasta kontrak dilakukan melalui Kepala Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi (LLDIKTI) masing - masing wilayah.
3. Pencairan dana penelitian dilakukan dengan 2 (dua) cara yaitu secara sekaligus dan secara bertahap;
4. Untuk Pengabdian kepada Masyarakat di tetapkan kontrak tahun tunggal bagi semua skema dan pencairannya dilaksanakan dalam 2 (dua) tahap.
5. Para penerima pendanaan Penelitian akan diminta untuk mengunggah perbaikan proposal dan RAB sesuai dengan dana yang diterima. Informasi lebih rinci terkait pengunggahan perbaikan proposal akan disampaikan kemudian.
6. Hal-hal lain yang terkait dengan penandatanganan kontrak, pencairan dana, dan pelaksanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat akan diinformasikan lebih lanjut melalui laman: <http://simlibtamas.ristekdikti.go.id>.

Berkaitan dengan data yang diperlukan untuk penandatanganan kontrak, bersama ini kami kirimkan Daftar Isian (Lampiran 4). Kami mohon Daftar Isian tersebut dapat diisi dan segera dikirim melalui email ke alamat tudrpm.ristekbrin@gmail.com, untuk Penelitian CC ke alamat email terapanriset@gmail.com dengan subjek **Data Kontrak Penelitian** dan untuk Pengabdian Masyarakat CC ke alamat email ppm.drpmristekbrin@gmail.com dengan subjek **Data Kontrak Pengabdian**, paling lambat tanggal 10 Februari 2020. Untuk PTS tidak perlu mengirimkan daftar isian karena Kontrak akan dilakukan dengan LLDIKTI Wilayah masing – masing.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Direktur Riset dan Pengabdian
Masyarakat,

Ocky Karna Radjasa
NIP 196510291990031001

Tembusan:
Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan;

NO	PTN / LLDIKTI	NAMA INSTITUSI	SKEMA	NAMA	NIDN	JUDUL	DURASI PENELITIAN (Tahun)	STATUS USULAN
1274	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Nasional	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	KISROH DWIYONO	0028045702	REKAYASABERAS ANALOG DARI BAHAN BAKU ILES-ILES (Amorphophallus muelleri), TEPUNG MOCAP (Manihot utilisima), DAN KEDELAI (Glycine max) MENGGUNAKAN METODE NANOTEKNOLOGI DAN EKSTRUDER	2	lanjutan
1275	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Pancasila	Penelitian Terapan	ESTI MUMPUNI	0329116501	SINTESIS SENYAWA EHP DENGAN BAHAN BAKU FOOD GRADE DAN PENERAPAN SENYAWA EHP SEBAGAI BAHAN AKTIF PADA PRODUK GEL ANTIJERAWAT	2	lanjutan
1276	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Pancasila	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	DWI RAHMALINA	0301096901	Optimasi Performa Tribologi dan Termomekanis pada Komposit Aluminium Hibrid Berpenguat Keramik untuk Aplikasi Komponen Otomotif	2	lanjutan
1277	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Pancasila	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi	NOVI YANTIH	0327117502	Pengaruh Jus Buah Nanas sebagai Nutrasetikal Hepatoprotektor terhadap Metabolisme Isoniazid pada Sukarelawan Sehat dan Kadar Enzim Transaminase pada Pasien Tuberkulosis	3	lanjutan
1278	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Pancasila	Penelitian Terapan	DEDE LIA ZARIATIN	0312017603	PENINGKATAN EFISIENSI INSTALASI PEMBANGKIT TURBIN UAP YANG MEMANFAATKAN ENERGI PANAS TERBUANG DARI PROSES PIROLISIS	3	lanjutan
1279	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Pancasila	Penelitian Terapan	SRI WIDYASTUTI	0325046201	Keterlibatan Industri Pariwisata Halal yang Mendorong Ekonomi Hijau Untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa (The Involvement of Halal Tourism Industry that Encourages of the Green Economy to Improving the Nation Competitiveness)	3	lanjutan
1280	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Pancasila	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	PRIMA JIWA OSLY	0316127601	MODEL PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN UNTUK PENGEMBANGAN KAWASAN PERTANIAN INDONESIA TIMUR	3	lanjutan
1281	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Pancasila	World Class Research	DENI RAHMAT	0327127804	Pengembangan Ekstrak Rimpang Temulawak berbasis Hidrofilisasi Etil Selulosa sebagai Nanomaterial untuk Modifikasi Pelepasan Zat Aktif Herbal	3	lanjutan
1282	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Pelita Harapan	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	BENNY HARDJONO	0404086401	Pengembangan Internet of Robotic Things untuk Membantu Pelayanan Penyandang Disabilitas	2	lanjutan
1283	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Pelita Harapan	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	PUJianto YUGOPUSPITO	0324086701	Implementasi Arsitektur Microservices pada Server IoT Dukungan Machine Learning	2	lanjutan
1284	LLDIKTI WILAYAH III	Universitas Pelita Harapan	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	SAMUEL LUKAS	0331076001	Optimalisasi Penentuan Posisi Ikan di Perairan Indonesia mempergunakan Artificial Intelligence dan Big Data	2	lanjutan



UNIVERSITAS PANCASILA

ESTABLISHED 1965

INDONESIA

UNIVERSITY OF PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA

UNIVERSITY OF PANCASILA

UNIVERSITY OF PANCASILA

UNIVERSITY OF PANCASILA

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

UNIVERSITAS PANCASILA
Jl. Sekeloa Selatan 1, Jakarta 12510
Telp. (021) 5101-1000, Fax (021) 5101-1001
E-mail: info@upn.ac.id

- [illegible]

- [illegible]

- (1) That strategy would require that each state, as that party moves, has to make some decisions. For example, should they require that the other party make some kind of commitment to the other party, or should they require that the other party make some kind of commitment to the other party?
- (2) And that strategy would require that the other party make some kind of commitment to the other party, or should they require that the other party make some kind of commitment to the other party?
- (3) Finally, strategy would require that the other party make some kind of commitment to the other party, or should they require that the other party make some kind of commitment to the other party?

Page 11

- © 2008 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 263: 105–112

- (c) **§ 104 § 104b:** International organisations established pursuant to the Convention shall be subject to the Convention provided that such organisation has adopted the Convention's principles of administration and finance.
- (d) Further information should be sent to the Secretariat upon receipt of a statement indicating compliance with
- (e) **§ 104 § 104b:** International organisations established pursuant to the Convention shall be subject to the Convention provided that such organisation has adopted the Convention's principles of administration and finance. Further information should be sent to the Secretariat upon receipt of a statement indicating compliance with

110

- [illegible]

Task 1

- (a) Further assume that the system design that further enhances system security and performance between different sites:
 1. Strongly reduce system size and thus the amount of data transferred
 2. Reduce the number of components involved
 3. Increase system reliability

Answer for Task 1: System Architecture Design for a Distributed System that Supports Multiple Users and Multiple Applications

- (a) Further assume that the system architecture design that can be used to design the system is as follows:
 - A central server that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design

Task 2

- (a) Further assume that the system architecture design that can be used to design the system is as follows:
 - A central server that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
- (b) Further assume that the system architecture design that can be used to design the system is as follows:
 - A central server that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
- (c) Further assume that the system architecture design that can be used to design the system is as follows:
 - A central server that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
- (d) Further assume that the system architecture design that can be used to design the system is as follows:
 - A central server that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design
 - A distributed system that provides the system architecture design

Frage 10

Welche Aussage ist richtig? (Nur eine Antwort ist richtig.)

- a) Die Aussage ist richtig.
- b) Die Aussage ist falsch.

Frage 11

Die Aussage ist richtig. (Nur eine Antwort ist richtig.)

- a) Die Aussage ist richtig.
- b) Die Aussage ist falsch.

Die Aussage ist richtig. (Nur eine Antwort ist richtig.)

- a) Die Aussage ist richtig.
- b) Die Aussage ist falsch.

Frage 12

Die Aussage ist richtig. (Nur eine Antwort ist richtig.)

- a) Die Aussage ist richtig.
- b) Die Aussage ist falsch.

Die Aussage ist richtig. (Nur eine Antwort ist richtig.)

- a) Die Aussage ist richtig.
- b) Die Aussage ist falsch.

Frage 13

Die Aussage ist richtig. (Nur eine Antwort ist richtig.)

- a) Die Aussage ist richtig.
- b) Die Aussage ist falsch.

anyone who is involved in the process of the company's operations should be aware of the company's policies and procedures.

1. The company's policies and procedures should be clearly defined and communicated to all employees.

Page 14

The company's policies and procedures should be clearly defined and communicated to all employees.

Page 15



Page 16

Page 17

Page 18

Page 19

Page 20

Page 21

Page 22

Page 23

Page 24

Page 25

Page 26

Page 27

Page 28

Page 29

Page 30

Page 31



Page 32

Page 33

Page 34

Page 35

Page 36

Page 37

Page 38

Page 39

Page 40

Page 41

Page 42

Page 43

Page 44

Page 45

Page 46

PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 50ce07b2-c31c-41ab-93df-e71c06b92ef9
Laporan Akhir Penelitian: tahun ke-2 dari 2 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

Optimasi Performa Tribologi dan Termomekanis pada Komposit Aluminium Hibrid Berpenguat Keramik untuk Aplikasi Komponen Otomotif

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Pengembangan teknologi berwawasan lingkungan,	-	Teknologi Transportasi	Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)

C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	SBK Riset Terapan	SBK Riset Terapan	6	2

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
DWI RAHMALINA Ketua Pengusul	Universitas Pancasila	Teknik Mesin		5975650	1
HENDRI SUKMA S.T, M.T Anggota Pengusul 1	Universitas Pancasila	Teknik Mesin		6032181	0
INDRA CHANDRA SETIAWAN S.T, M.T Anggota Pengusul	Universitas Pancasila	Teknik Mesin		6656714	0

2					
---	--	--	--	--	--

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
Mitra Pelaksana Penelitian	Ir. Amin Suhadi, M.Eng., Ph.D.
Mitra Calon Pengguna	Ir. Amin Suhadi, M.Eng., Ph.D

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
2	Dokumentasi hasil uji coba produk	Ada	

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
2	Prosiding dalam pertemuan ilmiah Internasional	sudah terbit/sudah dilaksanakan	
2	Publikasi Ilmiah Jurnal Internasional	accepted/published	International Journal of Advanced Manufacturing Technology

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi 12.

Total RAB 2 Tahun Rp. 132,400,000

Tahun 1 Total Rp. 0

Tahun 2 Total Rp. 132,400,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Honorarium narasumber	OJ	2	1,200,000	2,400,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	P (penelitian)	3	800,000	2,400,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	10	300,000	3,000,000
Analisis Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	12	300,000	3,600,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	15	2,060,000	30,900,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	1	1,200,000	1,200,000
Bahan	Barang Persediaan	Unit	1	150,000	150,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	Paket	5	500,000	2,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	Paket	4	1,307,500	5,230,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	Paket	1	5,700,000	5,700,000
Pengumpulan Data	Penginapan	OH	1	5,000,000	5,000,000
Pengumpulan Data	Transport	OK (kali)	10	455,000	4,550,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	15	270,000	4,050,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	144	25,000	3,600,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	OH	288	25,000	7,200,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	OJ	304	25,000	7,600,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	1	28,610,000	28,610,000
Sewa Peralatan	Obyek penelitian	Unit	1	8,710,000	8,710,000
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	Unit	30	200,000	6,000,000

6. HASIL PENELITIAN

A. RINGKASAN: Tuliskan secara ringkas latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian.

Perkembangan teknologi transportasi, khususnya komponen otomotif saat ini mengarah kepada pemenuhan kebutuhan penggunaan material yang lebih ringan dan efisien. Komposit matriks aluminium berpenguat partikel keramik telah dikembangkan untuk berbagai aplikasi komponen otomotif, khususnya disc brake, karena mempunyai berat jenis yang lebih ringan dan mampu mengurangi berat komponen 50-60% dibanding logam ferrous serta memiliki performa mekanis yang baik. Untuk meningkatkan performa sesuai pada aplikasi disc brake, komposit dapat dibuat dengan sistem hibrid yang merupakan penggabungan dua atau lebih jenis penguat partikel keramik. Riset ini telah memperoleh prototipe disc brake (cakram) dari material komposit aluminium hibrid berpenguat partikel keramik yang memiliki performa tribologi dan termomekanis yang optimal. Penelitian ini dilakukan dengan mengacu kepada Rencana Induk Penelitian Universitas Pancasila dalam bidang unggulan Pengembangan Teknologi Transportasi, yang difokuskan pada topik riset Perancangan dan Manufaktur Kendaraan. Komposit Hibrid yang dikembangkan menggunakan dua jenis partikel penguat yaitu alumina, SiC dan Grafit dengan fraksi volume 10-20 % dalam matriks paduan Al9Zn6Mg7Si. Komposit ini dimanufaktur dengan teknologi squeeze casting, yang merupakan gabungan dari proses pengecoran dan pembentukan dimana material diberikan tekanan pada saat mencapai temperatur semi solid dalam cetakan logam yang telah dipanaskan. Pada prototype telah dilakukan optimasi performa tribologi, yang dilakukan dengan variasi kecepatan dan beban aus dalam kondisi lingkungan basah dan kering sesuai aplikasi komponen disc brake. Selanjutnya prototipe juga dilakukan pengoptimalan kondisi termomekanis sehingga diperoleh durability yang baik dari disc brake. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa produk disc brake dari komposit matriks aluminium berpenguat partikel keramik hibrid dapat digunakan sebagai material alternatif komponen otomotif dengan performa tribologi dan termomekanis yang unggul dibanding logam lain yang umum digunakan.

B. KATA KUNCI: Tuliskan maksimal 5 kata kunci.

komposit hibrid, matriks aluminium, squeeze casting, disc brake

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Dalam pembahasan pada penelitian ada beberapa hal yang harus dilakukan agar penelitian selesai tepat pada waktunya. Langkah-langkah perancangan juga menentukan hasil dari penelitian. Setelah selesai dengan modifikasi/pengembangan data logger sebagai penambahan sensor pada alat uji rem cakram sepeda motor skala laboratorium maka didapatkan hasil data analisis yang dibutuhkan untuk acuan perbandingan *disc brake* (rem cakram).

1. Perhitungan Pengujian

a. Menentukan torsi

Untuk menghitung torsi dapat digunakan persamaan berikut, maka diketahui bahwa pembebanan tuas rem sebesar 1,7 kg, kemudian berat tromol seberat 0,699 kg, berat *pulley* 0,7 kg, berat *disc* seberat 0,5 kg, dan jari-jari titik pembebanan 0,07 m, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$m = \text{Pembebanan tuas rem} + \text{berat tromol} + \text{berat pulley} + \text{berat disc}$$

$$m = 1,7 \text{ kg} + 0,699 \text{ kg} + 0,7 \text{ kg} + 0,5 \text{ kg} = 3,6 \text{ kg}$$

$$T = F \times r$$

$$T = 35,316 \text{ N} \times 0,07 \text{ m} = 2,47 \text{ N.m}$$

b. Pemilihan motor listrik

Untuk menghitung motor listrik dapat digunakan berikut, maka diketahui untuk mencari spesifikasi motor yang diperlukan untuk alat uji pengereman skala laboratorium bahwa nilai *force* sebesar 35,316 N, kemudian nilai torsi yang didapatkan sebesar 2,47 N.m dan kecepatan motor 100 rpm (asumsi pengujian). Maka dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Mencari kebutuhan spesifikasi motor yang diperlukan untuk alat uji pengereman skala laboratorium dengan menggunakan persamaan

$$P = \frac{T \times n}{5252}$$

$$P = \frac{(2,47 \text{ N.m}) \times 100 \text{ rpm}}{5252} = (0,047 \text{ Hp})(35,04 \text{ Watt})$$

Untuk menghitung arus yang diperlukan dapat digunakan persamaan 2.2 pada halaman 24, maka menghitung arus yang diperlukan dengan asumsi tegangan 220 V, daya 35,04 Watt = 0,03504 kW, dengan menggunakan persamaan

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{35,04 \text{ Watt}}{220 \text{ V}} = 0,159 \text{ Ampere}$$

Dari perhitungan diatas bisa didapat daya motor yang dibutuhkan untuk memutar *disc* dengan pembebanan pada tuas rem sebesar 1,7 kg sekitar 0,047 Hp dikarenakan spesifikasi yang ada dipasaran yang mendekati hasil perhitungan adalah 1 Hp maka dipilih motor 1 Hp. Setelah ditentukan spesifikasi motor yang akan digunakan, yaitu menggunakan motor AC 1 fasa dengan putaran motor sesuai spesifikasi 2825 rpm dan frekuensi 50 Hz. Selanjutnya yang dilakukan adalah perhitungan motor yang digunakan agar diketahui sejauh mana alat uji pengereman skala laboratorium dapat bekerja seperti apa yang diinginkan.

Untuk menghitung daya motor 1 fasa dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P = V \times I = 220 \text{ V} \times 0,159 \text{ Ampere} = 34,98 \text{ Watt} = 0,03498 \text{ kW}$$

Untuk menghitung daya motor dapat digunakan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P} \times 100\% = \frac{0,03498}{0,75} \times 100\% = 4,664\%$$

2. Hasil Pengujian Densitas

Pengujian mengacu pada ASTM C373-88 Data hasil dari pengujian densitas berupa massa per satuan volume (g/cm^3), yang dilakukan pada *disc brake* berbahan aluminium komposit hibrid dan *disc brake* berbahan *stainless steel*. Hasil didapatkan dari rata-rata densitas 5 spesimen yang di uji pada setiap material.

a. *Disc brake* Stainless Steel

Tabel 1. Hasil uji densitas *disc brake stainless steel*

No.	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Massa (gram)	Densitas (g/cm^3)
1.	15	10	3,5	3,94	7,505
2.	15	10	3,5	3,96	7,543
3.	15	10	3,5	4,02	7,657
4.	15	10	3,5	3,92	7,467
5.	15	10	3,5	3,90	7,429
Rata-rata					7,520

b. *Disc brake* bahan Aluminium komposit hibrid

Tabel 2. Hasil uji densitas *disc brake* aluminium komposit hibrid

No.	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Massa (gram)	Densitas (g/cm^3)
1.	15	10	3,5	2,57	4,89
2.	15	10	3,5	2,64	5,03
3.	15	10	3,5	2,58	4,91
4.	15	10	3,5	2,63	5,01
5.	15	10	3,5	2,60	4,95
Rata-rata					4,96

Dari pengujian densitas yang telah dilakukan pada kedua material didapatkan rata-rata densitas *disc brake stainless steel* sebesar $7,52 \text{ g/cm}^3$ dan rata-rata densitas *disc brake* aluminium komposit hibrid sebesar $4,96 \text{ g/cm}^3$. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa densitas dari *disc brake stainless steel* lebih besar dibandingkan dengan *disc brake* aluminium komposit hibrid, karena pada *disc brake stainless steel* berunsur utama Fe yang memiliki nilai densitas tinggi, untuk *disc brake* aluminium komposit hibrid berunsur utama Al yang dimana nilai densitasnya lebih rendah dari *stainless steel*.

3. Hasil Pengujian Kekerasan

Data hasil pengujian kekerasan *rockwell* berdasarkan ASTM E18. Dilakukan pada kedua material, yang dimana setiap material dilakukan 5 titik pengujian, dari ke 5 titik pengujian dicari rata-rata nilai kekerasannya.

a. *Disc brake* bahan *stainless steel*

Tabel 3. Kekerasan *disc brake stainless steel*

Spesimen	Penjejakan	Keterangan	Kekerasan
<i>Disc brake stainless steel</i>	1	HRB <i>Load</i> : 100 kgf	79
	2		70
	3		77
	4		68
	5		70
Rata-rata			72.8

b. *Disc brake* bahan aluminium komposit hibrid

Tabel 4. Kekerasan *disc brake* aluminium komposit hibrid

Spesimen	Penjejakan	Keterangan	Kekerasan
<i>Disc brake</i> aluminium komposit hibrid	1	HRB <i>Load</i> : 100 kgf	63
	2		62
	3		62,5
	4		63,5
	5		57,5
Rata-rata			61,7

Dari hasil pengujian kekerasan kedua *disc brake* diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh *disc brake stainless steel* dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 72,8 HRB nilai kekerasan tersebut dipengaruhi oleh besarnya persentase unsur C sedangkan *disc brake* aluminium komposit hibrid nilai kekerasan rata-ratanya sebesar 61,7 HRB.

4. Hasil Pengujian Tarik

Pada pengujian ini spesimen diuji tarik untuk mendapatkan nilai *yield strength* atau *ultimate tensile strength* dengan cara diberi beban tarik statis. Spesimen yang digunakan berdasarkan ASTM E8-13a. Dengan hasil seperti disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Tarik

No. Spesimen	Dimensi (mm)		Ao (mm ²)	<i>UTS</i> (kgf)	<i>UTS</i> (MPa)
	Lebar	Tebal			
1	10	10	200	516	25,31
2	10	10	200	577	28,30

5. Hasil Pengujian Fatik

Pengujian fatik / kelelahan pada 3 spesimen dari material komposit hibrid matrik aluminium berpenguat partikulat keramik dengan menggunakan standar ASTM E8 – 13a. Mesin uji yang digunakan adalah mesin *resonance 6* dengan penggerak hidrolik dengan kapasitas 25 kN. Pengujian dilakukan dengan memberi beban aksial sinusoidal 80%, 70% dan 60% dari kekuatan tarik 26,78 MPa yaitu 21,45 MPa, 18,75 MPa dan 16,10 MPa, dengan frekuensi 20 Hz dan rasio tegangan R=0.1. Dengan hasil seperti disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Fatik

No.	Dimensi (mm)		Ao (mm ²)	F (kN)	σ (MPa)	Siklus (N)	Durasi	Ket.
	Lebar	Tebal						
1	10	20	200	4,29	21.45	6716	6 menit	Patah
2	10	20	200	3,75	18.75	65167	1 jam 4 menit	Patah
3	10	20	200	3,22	16.10	250063	3 jam 26 menit	Patah

6. Hasil Pengujian Keausan

Pengujian keausan ini mengacu pada ASTM G99-04. Data hasil uji keausan berupa koefisien keausan yaitu milimeter kubik per newton meter (mm^3/Nm), dan pengujian dilakukan pada kedua material. Pengujian dilakukan pada komponen disc brake dari kedua jenis material.



Gambar 1. *Disc brake stainless steel* (a) dan komposit hibrid (b)

a. *Disc brake* bahan *stainless steel*

Tabel 7. Koefisien keausan *disc brake stainless steel*

Kecepatan (rpm)	Beban (kg)	Waktu (detik)	Jarak tempuh (m)	Volume abrasi (mm^3)	koefisien Keausan (mm^3/Nm)
60	3,02	15	522,81	110,397	0.007

b. *Disc brake* bahan Aluminium komposit hibrid

Tabel 8. koefisien keausan *disc brake* aluminium komposit hibrid

Kecepatan (rpm)	Beban (kg)	Waktu (detik)	Jarak tempuh (m)	Volume abrasi (mm^3)	koefisien Keausan (mm^3/Nm)
60	3,02	15	522,81	216,86	0,014

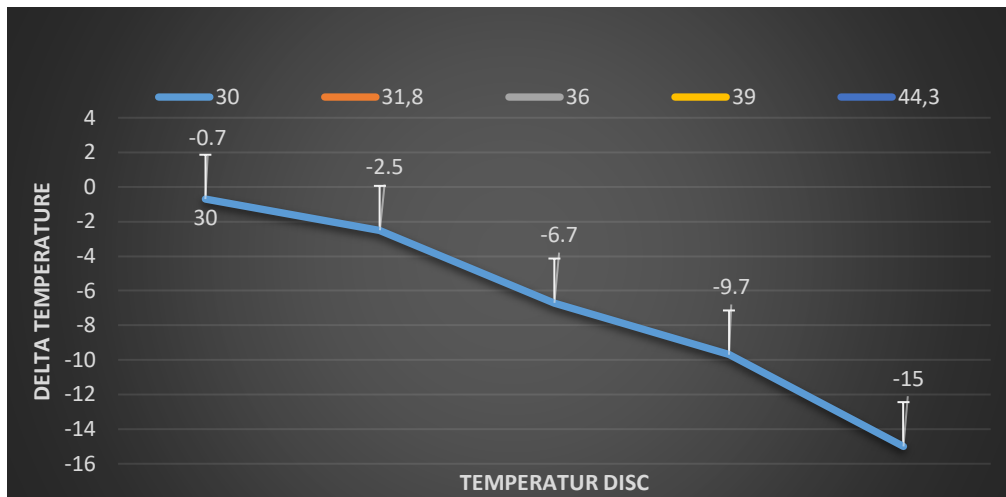
Dari pengujian keausan yang telah dilakukan terhadap kedua material, volume abrasi paling besar terjadi pada aluminium komposit hibrid dengan nilai sebesar $216,86 \text{ mm}^3$ dengan nilai koefisien keausan sebesar $0,014 \text{ mm}^3/\text{Nm}$, sedangkan untuk *stainless steel* memiliki volume abrasi sebesar $110,397 \text{ mm}^3$ dengan nilai koefisien keausan sebesar $0,007 \text{ mm}^3/\text{Nm}$. Hal tersebut terjadi akibat dipengaruhi dari kekerasan pada setiap material yang dimana *stainless steel* memiliki nilai kekerasan yang lebih besar dibandingkan dengan aluminium komposit hibrid yang nilai kekerasan dari material mempengaruhi keausan yang akan terjadi karena pada umumnya keausan sering terjadi pada material dengan tingkat kekerasan yang rendah, yang artinya semakin keras material maka keausan yang akan terjadi semakin rendah.

7. Hasil Pengujian Sistem Pengereman

Berikut ini disampaikan pengujian pada alat uji pengereman skala laboratorium untuk melihat pengaruh temperature *disc brake* dan delta temperature pada temperatur ruang.

Tabel 7. Distribusi temperatur pada *disc brake* hasil pengujian pengereman

No	Temperatur Ruang ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatur <i>Disc</i> ($^{\circ}\text{C}$)	Delta temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu (s)	Amper meter (I)	Kecepatan <i>Disc Brake</i> (rpm)
1	29,3	30,0	-0,7	30	0,27	2100
2	29,3	31,8	-2,5	60	1,25	2320
3	29,3	36,0	-6,7	90	2,35	2540
4	29,3	39,0	-9,7	120	3,35	2847
5	29,3	44,3	-15,0	150	4,65	3120



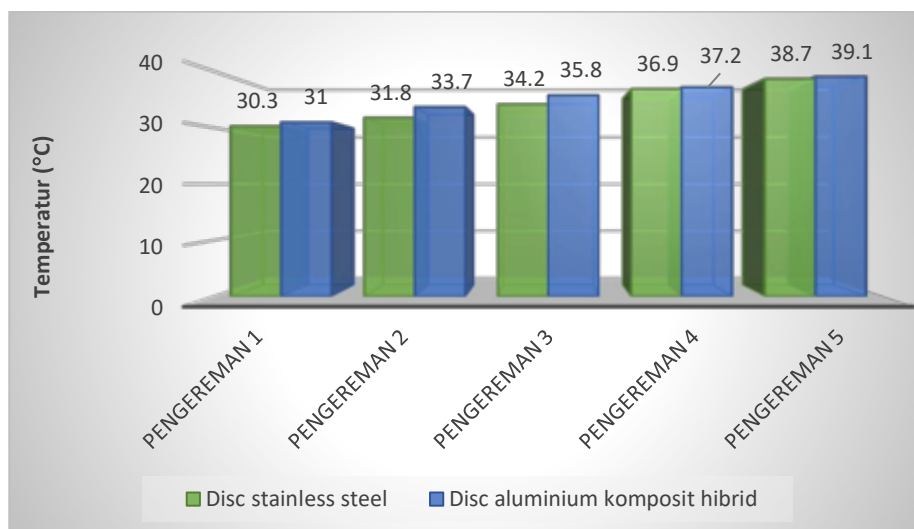
Gambar 2. Grafik Analisa Data logger

Hasil pengujian pengereman berdasarkan standar *U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration: Laboratory Test Procedure for FMVSS 122* hasil dari lamanya waktu (detik) pengujian, dan temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dari piringan cakram setelah dilakukan pengereman.

Tabel 8. Parameter sistem pengereman

No	Bagian sistem rem	Hasil Pengukuran
1	Jarak dari tuas rem ke tumpuan	15,3 cm
2	Jarak dari <i>pushord</i> ke tumpuan	2,6 cm
3	Diameter silinder pada master silinder	0,9 cm
4	Diameter silinder pada kaliper	3,5 cm
5	Beban pada tuas rem	1,7 kgf

Pada pengujian pengereman menurut standar *U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration: Laboratory Test Procedure for FMVSS 122* dibutuhkan kecepatan min 60 km/jam dan maks 174 km/jam, maka kecepatan uji digunakan sebesar 70 km/jam atau sama dengan 19,44 m/s, untuk mendapatkan kecepatan tersebut dilakukan konversi ke rpm dengan jari-jari roda sebesar (r_2) 0,2159 m, dan jari-jari disc (r_1) sebesar 0,0925 m.



Gambar 3. Diagram perbandingan temperatur disc

Pada alat uji putaran per menit dari *disc* adalah 2000 rpm agar mencapai kecepatan 70 km/jam pada ban kendaraan dikondisi ril. Pada pengujian ini momen pada kendaraan saat pengereman dianggap tidak ada dan tanpa beban pada kendaraan. Data hasil uji pengereman disc brake aluminium komposit hibrid dan *disc brake stainless steel* dapat dilihat pada Gambar 3. Terlihat diagram perbandingan temperatur *disc* antara *stainless steel* dan aluminium komposit yaitu dimana perbedaan antara setiap pengereman tidak terlalu jauh namun tetap material aluminium komposit hibrid lebih panas $\pm 1^{\circ}\text{C}$ dibandingkan dengan *stainless steel*.

Kondisi ini masih sesuai BSN (Badan Standarisasi Nasional) dengan acuan otomotif SNI 09-1825-2002 kendaraan setelah dilakukan pengereman dengan kondisi awal bebas embun dan rem dalam keadaan dingin dinyatakan lulus persyaratan uji pengereman jika temperature setelah pengereman tidak melebihi 100°C dari kecepatan 100km/jam.

Hasil uji pengereman di sepeda motor, pada *disc brake* Aluminium komposit hibrid didapatkan rata-rata temperatur cakram setelah dilakukan pengereman sebesar $46,5^{\circ}\text{C}$, rata-rata waktu berhenti 2,66 detik dengan rata-rata jarak berhenti sejauh 5,15 meter, sedangkan pada *disc brake* berbahan *stainless steel* mendapatkan rata-rata temperatur cakram setelah dilakukan pengereman sebesar $47,07^{\circ}\text{C}$, rata-rata waktu berhenti 2,82 detik dengan rata-rata jarak berhenti sejauh 7,72 meter.

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan pada tahun pelaksanaan penelitian. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian luaran

1. Luaran wajib tahun kedua adalah dokumen *engineering feasibility* produk prototype *disc brake* dengan performa tribologi yang optimal.
2. Luaran tambahan tahun kedua adalah :
 - a. Publikasi di jurnal internasional *Journal Composite Materials* (Terindeks Scopus Q2, SJR=0,55) dengan judul *Termomechanical and tribological properties of SiC/Gr reinforced hybrid aluminium composite for disc brake application* (status publikasi : submitted).
 - b. Publikasi dalam pertemuan ilmiah internasional “*The 4th International Symposium on Advanced Material and Application (ISAMA 2021)*” dengan judul *Mechanical Properties of sic/Gr Reinforced Hybrid Aluminum Composites after Heat Treatment* (status publikasi : submitted).
 - c. Publikasi ilmiah dalam pertemuan ilmiah nasional. Status hasil penelitian tahun kedua ini adalah artikel ilmiah dengan judul *Rancang Bangun Alat Uji Pengereman Skala Laboratorium* telah berhasil dipublikasikan (published) di Seminar Nasional Penelitian (Semnaslit) 2020 di Universitas Muhammadiyah Jakarta.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (jika ada). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian mitra

Peran dari Mitra adalah berkoordinasi dan memfasilitasi kegiatan karakterisasi komponen dan uji performa disc brake berupa pengujian fatik serta review dari proses manufakturnya. Selain itu, peneliti mitra juga berkoordinasi dalam penyiapan luaran *Engineering Feasibility*.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Pelaksanaan penelitian ini memiliki kendala dalam pengujian performa *disc brake*. Industri komponen *disc brake* yang ada di area sekitar belum dapat melakukan pengujian performa komponen terkait dengan ketatnya waktu produksi, juga kondisi pandemi yang terjadi mempengaruhi ketersediaan peralatan pengujian sistem pengereman. Pengujian pengereman telah dilakukan di alat uji yang dikondisikan sesuai dengan kebutuhan aplikasi serta pada kendaraan bermotor roda dua.

G. RENCANA TINDAK LANJUT PENELITIAN: Tuliskan dan uraikan rencana tindak lanjut penelitian selanjutnya dengan melihat hasil penelitian yang telah diperoleh. Jika ada target yang belum diselesaikan pada akhir tahun pelaksanaan penelitian, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai tersebut.

Rencana penyelesaian target yang belum tercapai adalah pengujian lifetime komponen pada sistem pengereman sesuai kondisi aktual pada industri kendaraan bermotor akibat terkendalanya ketersediaan peralatan dan kondisi pandemi yang terjadi sejak awal Maret 2020.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Global Industry Analysis 2016, *Metal Matrix Composites (MMC) Market for Ground Transportation, Electronics/Thermal Management, Aerospace and Other End-users* - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013 ÷ 2019, <http://www.transparencymarketresearch.com/metal-matrix-composites.html>, diakses pada 10 April 2016.
2. Macke, F., Schultz, B.F., Rohatqi, P. 2012, *Metal Matrix Composites : Offer the Automotive Industry an Opportunity to Reduce Vehicle Weight, Improve Performance*, Advanced Material and Processes, pp.19-23
3. Stojanovic, B., Babic, M., Mitrovic, S., Vencel, A., Miloradovic, N., Pantic M. 2013, *Tribological characteristics of aluminium hybrid composites reinforced with silicon carbide and graphite*, A review: Journal of the Balkan Tribological Association. 19, 1, pp.83-96.
4. Stojanovic, B and Ivanovic, L 2015, *Application of aluminium hybrid composites in automotive industry*, Tehnicki Vjesnik 22, I, pp. 247-251
5. Rahmalina, D., Sofyan, B.T., Suharno, B., Siradj, E.S. 2011, *Development of steel wire rope – reinforced aluminium composite for armour material using the squeeze casting process*, Advanced Materials Research Journal, Vol. 277, pp. 27-35.
6. Sofyan, B.T., Rahmalina, D., Suharno, B., Siradj, E.S. 2013, *Deformation behaviour of silicon carbide reinforced al-7si composite after ballistic impacts*, Advanced Materials Research Journal, Vol. 789, pp. 33-36.
7. Rahmalina, D., Sofyan, B.T., Suharno, B., Siradj, E.S. 2012, *Pengaruh fraksi volume penguat silikon karbida terhadap karakteristik balistik komposit matriks aluminium*, Majalah Pengkajian Industri, Vol. 6 No. 1.
8. Rahmalina, D., Sofyan, B.T., Askarningsih, N., Rizkyardiani, S. 2014a, *Effect of treatment process on hardness of al7si-mg-zn matrix composite reinforced with silicon carbide particulate*, Advanced Materials Research Journal, Vol. 875-877 (2014a), pp. 1511-1515.
9. Rahmalina, D., Sukma, H., Lesmana, I.G.E., Halim, A. 2014b, *Effect of solution treatment process on hardness of alumina reinforced al-9zn composite produced by squeeze casting*, International Journal on Smart Material and Mechatronics, Vol 1 No.1 pp. 25-28.
10. Rahmalina, D., Sukma, H., Setiaji, I. 2017, *Characterization of aluminum matrix composite al-9zn-0.1mg-3si reinforced with ceramic particulate*, The 4th International Seminar : Research for Science, Technology and Culture (IRSTC) 2017

11. Waluyo, R., Rahmalina, D. 2017, *Uji performasi disc brake sepeda motor material komposit matriks aluminium berpenguat partikel keramik*, Aplikasi Mekanika dan Energi, Vo. 3, No. 1, pp. 36-40.
12. Rahmalina, D., Kusuma, I., Suharno, B., Sofyan, B.T., Siradj, E.S. 2010, *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.
13. Sofyan, B.T., Susanti, S., Yusfranto, R.R. 2008, *Peran 1 dan 9 w.t. % Zn dalam proses pengerasan presipitasi paduan aluminium AA319*, Makara Teknologi, 12 (1), pp. 48-54.
14. Lan J, Yan-li J, Yu L, Nan S, You-dong D. 2012, *Thermal analysis for brake disks of SiC/6061 Al alloy co-continuous composite for CRH3 during emergency braking considering airflow cooling*, Trans Nonferrous Met Soc China, 22, pp. 2783–2791
15. Maleque MA, Dyuti S, Rahman MM. 2010, *Material selection method in design of automotive brake disc*, Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol 3, WCE 2010, London.
16. ManojSingla DD, Singh L, Chawla V. 2009, *Development of aluminium based silicon carbide particulate metal matrix composite*, J Miner Mater Charact Eng, 8(6), pp. 455–467
17. *ASM Handbook Vo. 21* 2004, *Composites*, ASM International, The Materials Information Company.
18. Lin, T., Tan, C., Liu, B., and McDonald, A. 2008, *Microstructure of AA2024-SiC Nanostructured Metal Matrix Composite*. Journal of Materials Science, 45, pp. 7507-7512
19. Thimmarayan, R. and Thanigaiyarasu, G. 2010, *Effect of particle size, forging and ageing on the mechanical fatigue characteristics of Al6082/SiCp metal matrix composites*, International Journal of Advanced Manufacture Technology, 48, pp. 625–632
20. Abarghouie, S.M.R.M. and Reihani, S.M.S. 2010, *Aging behavior of a 2024 Al Alloy – SiCp composite*. Materials and Design, 31, pp. 2368-2374
21. Vinarcik, E.J., 2003, *High Velocity Die Casting Process*, John Wiley & Sons Inc., New York.
22. Souissi, N., Souissi, S., Nivinen, C.L., Amar, M.B., Bradai, C., Elhalouani, F. 2014, *Optimization of squeeze casting parameters for 2017 wrought Al alloy using Taguchi method*, Metals 4, pp 141-154.
23. Vijarayan, T.R., et.al. 2006, *Fabrication of fiber reinforced metal matrix composite by squeeze casting technology*, Journal of Materials Processing Technology 178, pp.34-38.
24. Beffort, O., Long, O., Cayron, C., Kuebler, J., Buffat, P. 2007, *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, pp. 737-745.
25. Ravindran, P., Manisekar, K., Narayanasamy, P., Selvakumar, N., Narayanasamy, R. 2012, *application of factorial techniques to study the wear behaviour of Al hybrid composites with graphite addition*, Mater. Des. 39, pp.42–54.
26. Ravindran, P., Manisekar, K., Narayanasamy, P., Rathika, P. 2013a, *tribological properties of powder metallurgy-processed aluminium self lubricating hybrid composites with SiC additions*, Mater. Des. 45, pp. 561–570.
27. Ravindran, P., Manisekar, K., Kumar, S.V., Rathika, P. 2013b, *Investigation of microstructure and mechanical properties of hybrid aluminum nano composites with the additions of solid lubricants*, Mater. Des. 51, pp.448–456.
28. Devaraju A, Kumar A, Kotiveerachari B. 2013a, *Influence of addition of Grp/Al₂O₃ p with SiCp on wear properties of aluminum alloy 6061-T6 hybrid composites via friction stir processing*, Trans Nonferrous Met Soc China;23(5), pp.1275–80.
29. Devaraju A, Kumar A, Kotiveerachari B. 2013b, *Influence of rotational speed and reinforcements on wear and mechanical properties of aluminum hybrid composites via friction stir processing*, Mater Des;45: pp. 576–85.
30. Sadogapan, P., Natarajan, H.K., Kumar, P. 2018, *Study of silicon carbide-reinforced aluminum matrix composite brake rotor for motorcycle application*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 94, pp. 1461-1475.
31. Belhocine A, Bouchetara M. 2012, *Thermal analysis of a solid brake disc*, Appl Therm Eng,32, pp. 59–67

32. Dhir, D.K. 2018, *Thermo-mechanical performance of automotive disc brakes*, Materials Today : Proceedings 5 (2018), pp. 1864-1871.
33. Li W, Liang H, Chen J, Zhu SQ, Chen YL. 2014, *Effect of SiC particles on fatigue crack growth behavior of SiC particulate- reinforced Al-Si alloy composites produced by spray forming*. Procedia Mater Sci, 3, pp. 1694–1699
34. Nakagawa Y., Takahashi S., Masaki M., Imao R. 2014, *Study of effects of residual stress on natural frequency of motorcy- cle brake discs*, SAE Int J Passenger Car Mech Syst, 7(4), pp. 1435–1445

Dokumen pendukung luaran Wajib #1

Luaran dijanjikan: Dokumentasi hasil uji coba produk

Target: Ada

Dicapai: Tersedia

Dokumen wajib diunggah:

1. Dokumentasi (foto) Pengujian Produk
2. Dokumen Deskripsi dan Spesifikasi Produk
3. Dokumen Hasil Uji Coba Produk

Dokumen sudah diunggah:

1. Dokumen Hasil Uji Coba Produk
2. Dokumentasi (foto) Pengujian Produk
3. Dokumen Deskripsi dan Spesifikasi Produk

Dokumen belum diunggah:

- Sudah lengkap

Nama Produk: Prototipe Disc Brake Komposit Hibrid Matriks Aluminium

Tgl. Pengujian: 1 September 2020

Link Dokumentasi: https://bit.ly/PTUPT2020_DwiR_UP

**LAPORAN KELAYAKAN TEKNIK
(ENGINEERING FEASIBILITY)**



**PRODUK PROTOTYPE *DISC BRAKE* DARI
KOMPOSIT HIBRID MATRIKS ALUMINIUM
BERPENGUAT PARTIKEL KERAMIK DENGAN
PERFORMA TRIBOLOGI YANG OPTIMAL**

Tim Penyusun :

Ketua	:	Dr. Ir. Dwi Rahmalina, M.T.	(NIDN:0301096901)
Anggota	:	Hendri Sukma, S.T., M.T.	(NIDN:0313067103)
		Indra C. Setiawan, S.T.,M.T	(NIDN:0008097706)
		Dr. Ir. Amin Suhadi	(Mitra B2TKS)

**UNIVERSITAS PANCASILA
DESEMBER 2020**

DAFTAR ISI

1.	Pendahuluan	
1.1	Latar Belakang	3
1.2	Tujuan	4
2.	Tinjauan Pustaka	
2.1	State of The Art	5
2.2	Peta Jalan Penelitian	7
3.	Metode Pembuatan Produk	8
4.	Aspek Kelayakan Teknis	
4.1	Desain Disc Brake	10
4.2	Data Spesifikasi Teknis	11
4.3	Data Performa Disc Brake Hasil Uji Pengereman	13
5.	Aspek kelayakan produksi	
5.1	OPC (<i>Operation Process Chart</i>)	16
5.2	BOM (Bill Of Material)	17
5.3	Product layout	18
5.4	Activity Relationship Chart (ARC)	19
5.5	Activity Relationship Diagram (ARD)	23
6.	Penutup	25
	Daftar Pustaka	26

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mengacu kepada agenda riset nasional, Rencana Induk Penelitian Universitas Pancasila mempunyai sasaran meningkatkan daya saing bangsa dan kesejahteraan melalui pengembangan IPTEK yang unggul berwawasan lingkungan dan berkesinambungan. Salah satu penelitian unggulan adalah pengembangan teknologi transportasi berupa pengembangan model kendaraan yang ramah lingkungan melalui fokus riset pengembangan material ringan dengan performa unggul. Pemakaian komposit matriks aluminium untuk produk otomotif mampu mengurangi bobot komponen serta memiliki kekuatan yang baik. Komposit matriks aluminium telah digunakan secara komersial dengan pertumbuhan 6.5% pada komponen mesin seperti piston, *connecting rod*, *brake system* dan *cylinder liner* (Global Industry Analysis 2016). Penggunaan komposit matriks aluminium berpenguat partikel keramik dapat memenuhi sifat tribologi berupa kekerasan, ketahanan aus dan konduktivitas panas tinggi serta mampu mengurangi berat komponen hingga 50-60% dibandingkan bahan besi tuang dan mengurangi *brake noise* dan keausan serta menghasilkan gesekan yang lebih seragam (Macke et al. 2012). Faktor penting yang mempengaruhi performa komposit matriks aluminium adalah penguat, dimana hibrid partikel keramik SiC, Al₂O₃ dan Gr dapat digunakan (Stojanovic et al. 2013), serta penggunaannya dapat meningkatkan sifat tribologi komposit (Stojanovic et al. 2015).

Peneliti utama sebelumnya telah berhasil mengembangkan manufaktur komposit berpenguat partikel SiC untuk menghasilkan komposit dalam bentuk pelat (Rahmalina, et al. 2011; Sofyan et al. 2013) dan peningkatan SiC dengan fraksi volume 10% mempunyai ketangguhan yang baik (Rahmalina, et al. (2012). Peningkatan sifat mekanis komposit matriks Al₉ZnMgSi berpenguat SiC dapat diperoleh dengan proses pengerolan maupun perlakuan panas (Rahmalina et al. 2014a; Rahmalina et al. 2014b). Juga telah dilakukan pengembangan komposit aluminium hibrid berpenguat partikel keramik SiC dan Al₂O₃ dengan variasi penguat dan parameter proses manufaktur yang optimal untuk aplikasi *disc brake* dengan sifat mekanis dan ketahanan aus yang baik (Rahmalina et al. 2017; Waluyo et al. 2017).

Produk riset yang dibiayai oleh skema Hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi ini memfokuskan pada optimasi performa tribologi dan termomekanis dari prototipe *disc brake* yang terbuat dari material komposit dengan matriks AlZnMgSi, dengan banyaknya unsur paduan yang ditambahkan berdasarkan penelitian sebelumnya (Rahmalina et al. 2010; Sofyan et al. 2008). Komposit diperkuat dengan hibrid partikel silikon karbida (SiC), alumina (Al₂O₃) dan Grafit (Gr), dengan fraksi volume 20% (Lan et al. 2012; Maloque et al. 2010; ManojSingla et al. 2009)

1.2. Tujuan

Tujuan khusus penelitian ini pada tahun pertama adalah memperoleh performa tribologi yang optimal dari prototipe *disc brake* komposit matrik AlZnMgSi hibrid berpenguat SiC, Al₂O₃ dan Gr yang dimanufaktur dengan teknologi *squeeze casting* serta mempelajari hubungan antara fraksi volume partikel penguat dengan performa tribologi berupa kekerasan, ketahanan aus dan gesekan pada lingkungan basah dan kering sesuai kondisi pemakaian *disc brake*. Pada tahun kedua akan dilakukan optimasi performa termomekanis prototipe *disc brake* dari komposit hibrid sehingga dapat diperoleh *durability* komponen dan faktor keamanan fatik yang baik.

Hasil riset diharapkan dapat menghasilkan prototipe komponen otomotif dari komposit hibrid dengan performa tribologi dan termomekanis yang unggul dibanding logam ferrous, sehingga dapat dibuktikan layak secara teknis untuk diproduksi (*engineering feasibility*) dan dapat mencapai TKT level 6. Juga diharapkan riset ini menjadi salah satu tonggak pengembangan industri komponen otomotif melalui pengembangan material secara mandiri di Indonesia.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of The Art*

Komposit adalah material hasil kombinasi makroskopis dari dua atau lebih komponen yang berbeda, dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik daripada sifat masing-masing komponen penyusunnya. Komponen penyusun dari komposit, yaitu berupa penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrix*) (ASM 2004). Penguat berfungsi meningkatkan kekuatan tarik, sedangkan matriks berfungsi sebagai media penghantar beban ke penguat, menahan penyebaran retak dan melindungi penguat dari efek lingkungan serta kerusakan akibat benturan. Karakteristik komposit, seperti *strength*, *fracture toughness*, dan *fatigue life* sangat dipengaruhi karakteristik lokal yang tidak dapat diintegrasikan, yang dapat dipelajari melalui analisis mikromekanik.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengoptimalkan karakteristik komposit. Penelitian yang dilakukan oleh Rahmalina et al. (2012) menunjukkan bahwa peningkatan SiC dengan fraksi volume 10% mempunyai sifat mekanis yang baik untuk aplikasi balistik. Lin et al. (2008) dan Thimmarayan (2010) membuktikan bahwa penambahan penguat SiCp pada matriks aluminium dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan luluh dan konstanta elastis dari komposit tetapi mengalami penurunan keuletan. Rahmalina, et al. (2014a; 2014b) meneliti bahwa pengerolan dan perlakuan panas pada komposit matriks paduan AlZnMgSi/SiCp dapat meningkatkan sifat mekanis. Penelitian lain menunjukkan bahwa keberadaan partikel SiC dapat meningkatkan *peak hardness* (Abarghouie 2010).

Proses manufaktur komposit menjadi suatu faktor yang juga menentukan karakteristik komposit. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan proses pengecoran khusus, yaitu dengan teknologi *squeeze casting* yang merupakan teknik pengecoran khusus yang menggabungkan keunggulan dari *High Pressure Die Casting* dan teknologi *forging* (Vinarcik 2003). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memperoleh komposit dengan karakteristik yang baik melalui proses *squeeze casting* (Souissi et al. 2014; Vijarayam et al. 2006; Beffort 2007). Peneliti utama dalam penelitian sebelumnya juga telah berhasil mengembangkan manufaktur komposit berpenguat partikel SiC untuk menghasilkan komposit dalam bentuk pelat (Rahmalina et al. 2010; Rahmalina et.al 2011; Sofyan et al. 2013).

Sebagai upaya untuk meningkatkan sifat tribologi pada komponen otomotif, komposit matriks aluminium hibrid berpenguat SiC dapat ditambahkan Al₂O₃ dan Grafit (Ravindran et al. 2012; Ravindran et al. 2013a; Stojanovic et al. 2013; Ravindran et al. 2013b; Stojanovic et al. 2015). Devaraju et al. (2013a; 2013b) mempelajari pengaruh penguat SiC/Gr dan SiC/Al₂O₃ terhadap ketahanan aus dari komposit hibrid Al6061-T6 dengan hasil bahwa kekerasan komposit hibrid SiC/Al₂O₃ lebih tinggi dibandingkan dengan penguat SiC/Gr, tetapi memiliki ketahanan aus yang lebih rendah karena grafit lebih banyak menghasilkan efek lubrikasi padat dibanding Al₂O₃.

Kondisi penting lainnya dalam penggunaan komposit hibrid untuk aplikasi *disc brake* adalah optimasi termomekanis terkait dengan kemampuan material untuk menahan peningkatan temperatur dari 300 ke 800 °C selama pengereman (Sadogapan et al. 2018; Belhocine et al. 2012). Beberapa penelitian telah dikembangkan pada fokus ini, antara lain mengenai performa termomekanis dari *disc brake* yang dipengaruhi dari geometri material (Dhir 2018); ukuran penguat SiC dapat mempengaruhi umur ketahanan fatik *disc brake* (Li et al. 2014); pengaruh tegangan sisa pada komponen *disc brake* (Nakagawa et al. 2014) dan performa termomekanis yang baik dari 20%SiC-Al6061 untuk aplikasi *disc brake* (Lan et al. 2012).

Peneliti utama telah mengembangkan komposit aluminium hibrid berpenguat partikel keramik SiC dan Al₂O₃ dengan variasi penguat dan parameter proses manufaktur yang optimal untuk aplikasi *disc brake* dengan sifat mekanis dan ketahanan aus yang baik (Rahmalina et al. 2017; Waluyo et al. 2017). Untuk memenuhi kebutuhan pada aplikasi *disc brake* pada TKT level 6, perlu dilakukan optimasi performa tribologi dan termomekanis dengan variasi penguat SiC/ Al₂O₃/Gr pada komposit matrik aluminium hibrid.

2.2 Peta Jalan Penelitian

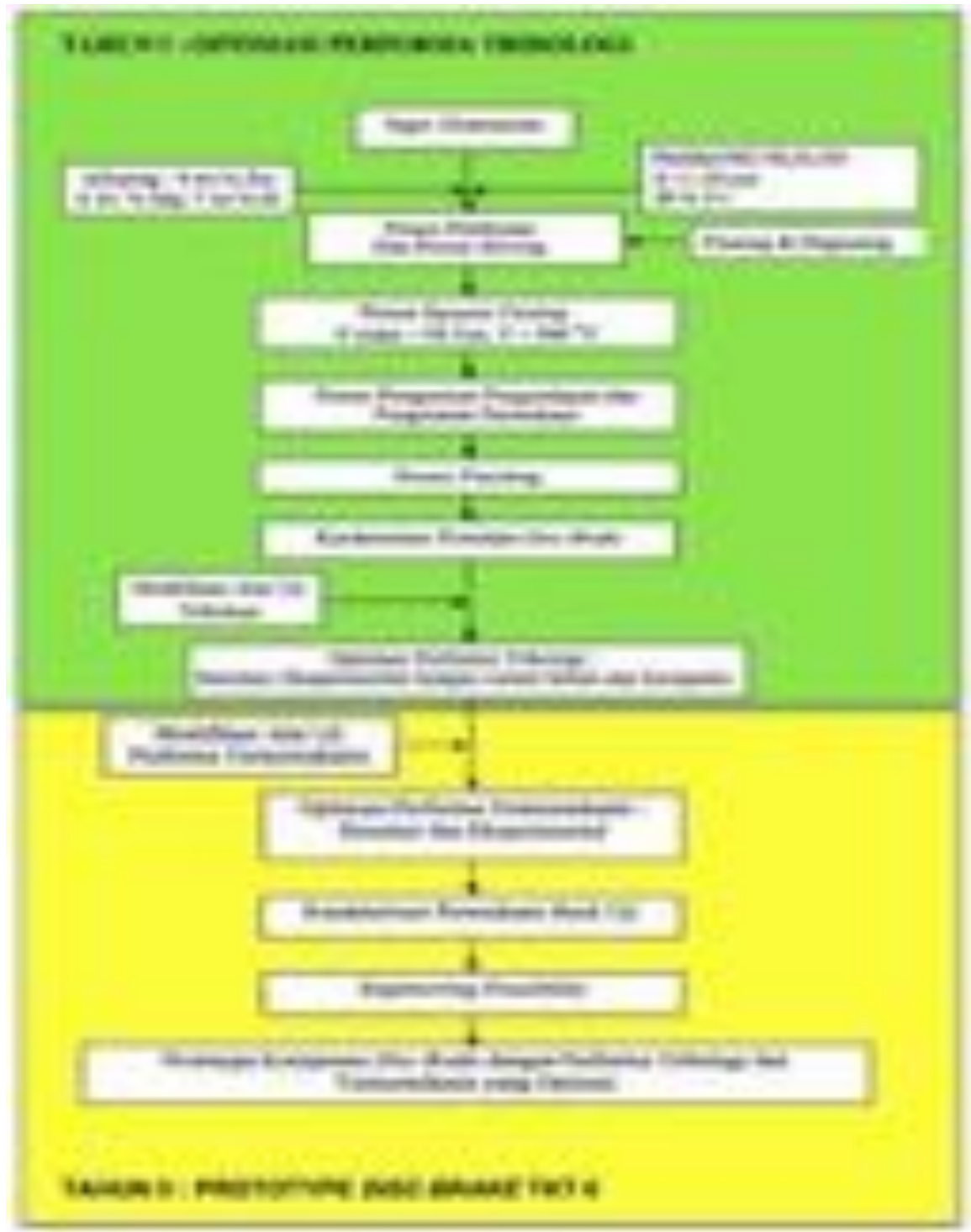
Riset pengembangan komposit hibrid partikel keramik dengan matriks aluminium untuk meningkatkan sifat tribologi pada komponen otomotif yang diajukan merupakan bagian Riset Unggulan Universitas Pancasila. Adapun sinergi penelitian dengan kelompok penelitiannya lainnya diperlihatkan melalui tahapan-tahapan *roadmap* riset pengembangan teknologi transportasi seperti pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 2.1. Roadmap Riset dalam Kelompok Bidang Riset Teknologi Transportasi Sebagai Program Strategis Penelitian Unggulan Universitas Pancasila

BAB 3. METODE PEMBUATAN PRODUK

Untuk mencapai pengembangan komposit matriks aluminium berpenguat partikel alumina dengan karakteristik yang baik, maka riset dirancang mengikuti diagram alir seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Pembuatan Produk Disc Brake dari Komposit Hibrid

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada pengembangan produk ini adalah :

1. Optimasi komposisi komposit hibrid dengan variasi unsur paduan dalam matriks AlMgSi –Cu-Zn dan variasi penguat SiC/Al₂O₃ dan grafit.

Tahapan yang akan dilakukan adalah :

- Persiapan bahan baku. Material awal yang digunakan adalah ingot Al dengan diberikan penambahan unsur paduan 4-6wt.% Mg, 3-7wt.% Si, 1wt.% Cu, 3wt.% Zn. Sedangkan silikon karbida, alumina dan grafit yang digunakan dalam bentuk serbuk berukuran 1-10 µm dengan variasi fraksi volume 10, 15, 20 dan 25 %.
 - Proses peleburan paduan aluminium dilakukan dalam dapur lebur dengan temperatur lebur 820-850°C, disertai dengan proses degassing dan *stirring*.
 - Proses pengecoran *squeeze casting* dilakukan untuk menghasilkan matriks paduan aluminium berpenguat partikel alumina diberikan dengan proses pengadukan dengan kecepatan 7500 rpm lalu diberi tekanan maksimum 50 Ton. Karakterisasi pelat komposit hibrid.
2. Proses pembuatan prototype komponen *disc brake* dari komposit hibrid dengan komposisi yang optimal dari matriks aluminium dan penguat.

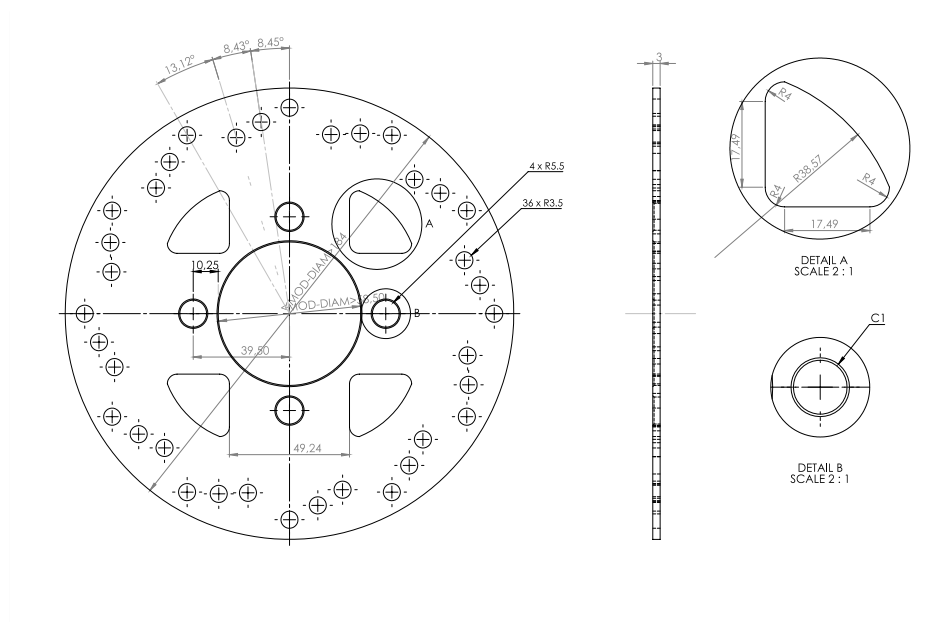
Tahapan yang akan dilakukan adalah :

- Desain dan Pembuatan cetakan komponen *disc brake*, menggunakan *software PROENG & Z-Cast*.
 - Proses peleburan paduan aluminium dilakukan dalam dapur lebur dengan temperatur lebur 820-850°C, disertai dengan proses degassing dan *stirring*.
 - Proses pengecoran *squeeze casting* dilakukan untuk menghasilkan matriks paduan aluminium berpenguat partikel alumina diberikan dengan proses pengadukan dengan kecepatan 7500 rpm lalu diberi tekanan maksimum 50 Ton.
3. Kajian performa tribologi dengan pengujian eksperimental komponen terpasang.
 4. Karakterisasi komposit matriks aluminium.
 - Pengujian komposisi pada komposit matriks aluminium berpenguat hibrid.
 - Analisis struktur mikro dan permukaan patahan dengan mikroskop tribo dan SEM.
 - Pengujian Mekanis, berupa pengujian Kekerasan dan tribo.
 - Pengujian keausan untuk kajian tribologi.

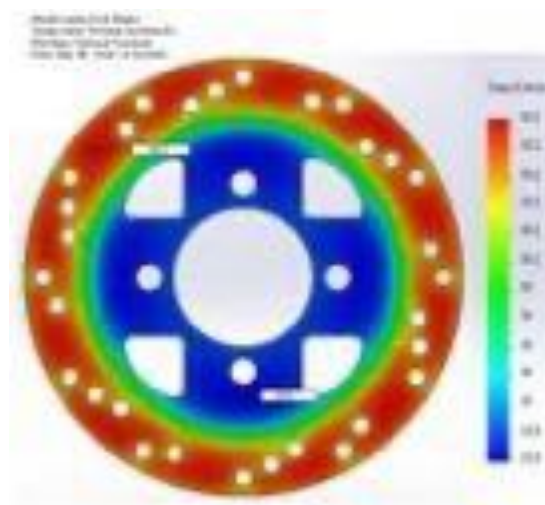
BAB 4. ASPEK KELAYAKAN TEKNIS

4.1 Desain Disc Brake

Suatu komponen *Disc Brake* yang terbuat dari komposit aluminium dengan matriks paduan Al-7Si-6Mg-Zn berpenguat hibrid partikel keramik 20 f.v. % SiC/ Gr telah berhasil dikembangkan untuk aplikasi kendaraan sepeda motor. *Disc Brake* dimanufaktur dengan proses *squeeze casting* yang diikuti dengan proses pengerasan pengendapan untuk meningkatkan sifat mekanis komponen.



Gambar 4.1. Desain Disc Brake



Gambar 4.2 Simulasi Desain Disc Brake



Gambar 4.3. Produk Komponen Disc Brake dari Komposit Hibrid Matriks Aluminium Berpenguat Partikel Keramik

4.2 Data Spesifikasi Teknis

Tabel 4.1 Hasil perhitungan volume pada disc brake aluminium komposit hibrid.

Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
17	9	3,5

Tabel 4.2 Densitas *disc brake* aluminium komposit hibrid

No.	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Massa (gram)	Densitas (g/cm ³)
1.	15	10	3,5	2,57	4,89
2.	15	10	3,5	2,64	5,03
3.	15	10	3,5	2,58	4,91
4.	15	10	3,5	2,63	5,01
5.	15	10	3,5	2,60	4,95
Rata-rata					4,96

Tabel 4.3 Nilai kekerasan disc brake aluminium komposit.

Sampel	Penjejakan	Kekerasan Rockwell	Rata-rata	Keterangan
<i>Disc brake</i> aluminium komposit	1	63	61,7	HRB <i>Load</i> : 100 kgf
	2	62		
	3	62,5		
	4	63,5		
	5	57,5		
Rata - rata	61,7			

Tabel 4.4 Kekuatan Tarik Komposit Hibrid Hasil Pengujian Tarik

No. Spesimen	Dimensi (mm)		Ao (mm ²)	UTS (kgf)	UTS (MPa)
	Lebar	Tebal			
1	10	10	200	516	25,31
2	10	10	200	577	28,30

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Fatik

No.	Dimensi (mm)		Ao (mm ²)	F (kN)	σ (MPa)	Siklus (N)	Durasi	Ket.
	Lebar	Tebal						
1	10	20	200	4,29	21.45	6716	6 menit	Patah
2	10	20	200	3,75	18.75	65167	1 jam 4 menit	Patah
3	10	20	200	3,22	16.10	250063	3 jam 26 menit	Patah

Tabel 4.6 Laju keausan basah dan kering disc brake aluminium komposit.

Kondisi Pengujian	Jarak Tempuh (m)	Speed Control (rpm)	Beban (kg)	Waktu (menit)	Volume Abrasi (mm ³)	Laju keausan (mm /Nm)
Kering	522,81	60	3,02	15	216,86	0,014060
Basah	522,81	60	3,02	15	124,49	0,008044

Berdasarkan tabel tersebut, maka dapat diketahui kekerasan, laju keausan basah dan kering antara *disc brake* dari material komposit hibrid aluminium dengan jarak tempuh 522,81 m, speed control 60 rpm, beban 3,02 kg, waktu 15 menit. Disc brake dari material komposit hibrid aluminium kondisi kering dengan volume abrasi 216,86 mm³ menghasilkan laju keausan sebesar 0,014060 mm³/Nm dan kondisi basah dengan volume abrasi 124,49 mm³ menghasilkan laju keausan 0,008044 mm³/Nm.

Komposit *hybrid* memiliki potensi tinggi dalam sistem pengereman, material ini dapat digunakan pada suhu tinggi dan memiliki sifat ulet. Komposit *hybrid* adalah system material dengan dua atau lebih penguat partikulat yang berbeda. Blaza Stojanovic melakukan pengujian perilaku tribologi komposit hybrid A356 / 10SiC / 3 grafit menunjukkan jumlah tingkat keausan komposit *hybrid* lebih kecil dengan jarak antara 50m hingga 100m.

Menurut BSN (Badan Standarisasi Nasional) dengan acuan otomotif SNI 09-1825-2002 kendaraan setelah dilakukan pengereman dengan kondisi awal bebas embun dan rem dalam keadaan dingin dinyatakan lulus persyaratan uji pengereman jika temperature setelah pengereman tidak melebihi 100°c dari kecepatan 100km/jam.

4.3 Data Performa Disc Brake Hasil Uji Pengereman

Berikut ini disampaikan pengujian pada alat uji pengereman skala laboratorium untuk melihat pengaruh temperature *disc brake* dan delta temperature pada temperatur ruang.

Tabel 4.7 Distribusi temperatur pada *disc brake* hasil pengujian pengereman

No	Temperatur Ruang (°C)	Temperatur Disc (°C)	Delta temperature (°C)	Waktu (s)	Amper meter (I)	Kecepatan Disc Brake (rpm)
1	29,3	30,0	-0,7	30	0,27	2100
2	29,3	31,8	-2,5	60	1,25	2320
3	29,3	36,0	-6,7	90	2,35	2540
4	29,3	39,0	-9,7	120	3,35	2847
5	29,3	44,3	-15,0	150	4,65	3120

Hasil pengujian pengereman berdasarkan standar *U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration: Laboratory Test Procedure for FMVSS 122* hasil dari lamanya waktu (detik) pengujian, dan temperatur (°C) dari piringan cakram setelah dilakukan pengereman.

Tabel 4.8 Parameter sistem pengereman

No	Bagian sistem rem	Hasil Pengukuran
1	Jarak dari tuas rem ke tumpuan	15,3 cm
2	Jarak dari <i>pushord</i> ke tumpuan	2,6 cm
3	Diameter silinder pada master silinder	0,9 cm
4	Diameter silinder pada kaliper	3,5 cm
5	Beban pada tuas rem	1,7 kgf

Pada pengujian pengereman menurut standar *U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration: Laboratory Test Procedure for FMVSS 122* dibutuhkan kecepatan min 60 km/jam dan maks 174 km/jam, maka kecepatan uji digunakan sebesar 70 km/jam atau sama dengan 19,44 m/s, untuk mendapatkan kecepatan tersebut dilakukan konversi ke rpm dengan jari-jari roda sebesar (r_2) 0,2159 m, dan jari-jari *disc* (r_1) sebesar 0,0925 m.

Pada alat uji putaran per menit dari *disc* adalah 2000 rpm agar mencapai kecepatan 70 km/jam pada ban kendaraan dikondisi ril. Pada pengujian ini momen pada kendaraan saat pengereman dianggap tidak ada dan tanpa beban pada kendaraan. Data hasil uji pengereman *disc brake* aluminium komposit hibrid dan *disc brake stainless steel* dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 4.9 Pengereman *disc brake* aluminium komposit hibrid

No.	Sampel Uji	Kecepatan <i>disc brake</i> (rpm)	Waktu (detik)	Temperatur <i>disc</i> (°C)
1	<i>Disc brake aluminium</i>	2000	1,1	31,0
2		2000	1,3	33,7
3		2000	1,5	35,8
4		2000	1,7	37,2
5		2000	1,9	39,1

Tabel 4.10 Hasil Uji Termomekanis

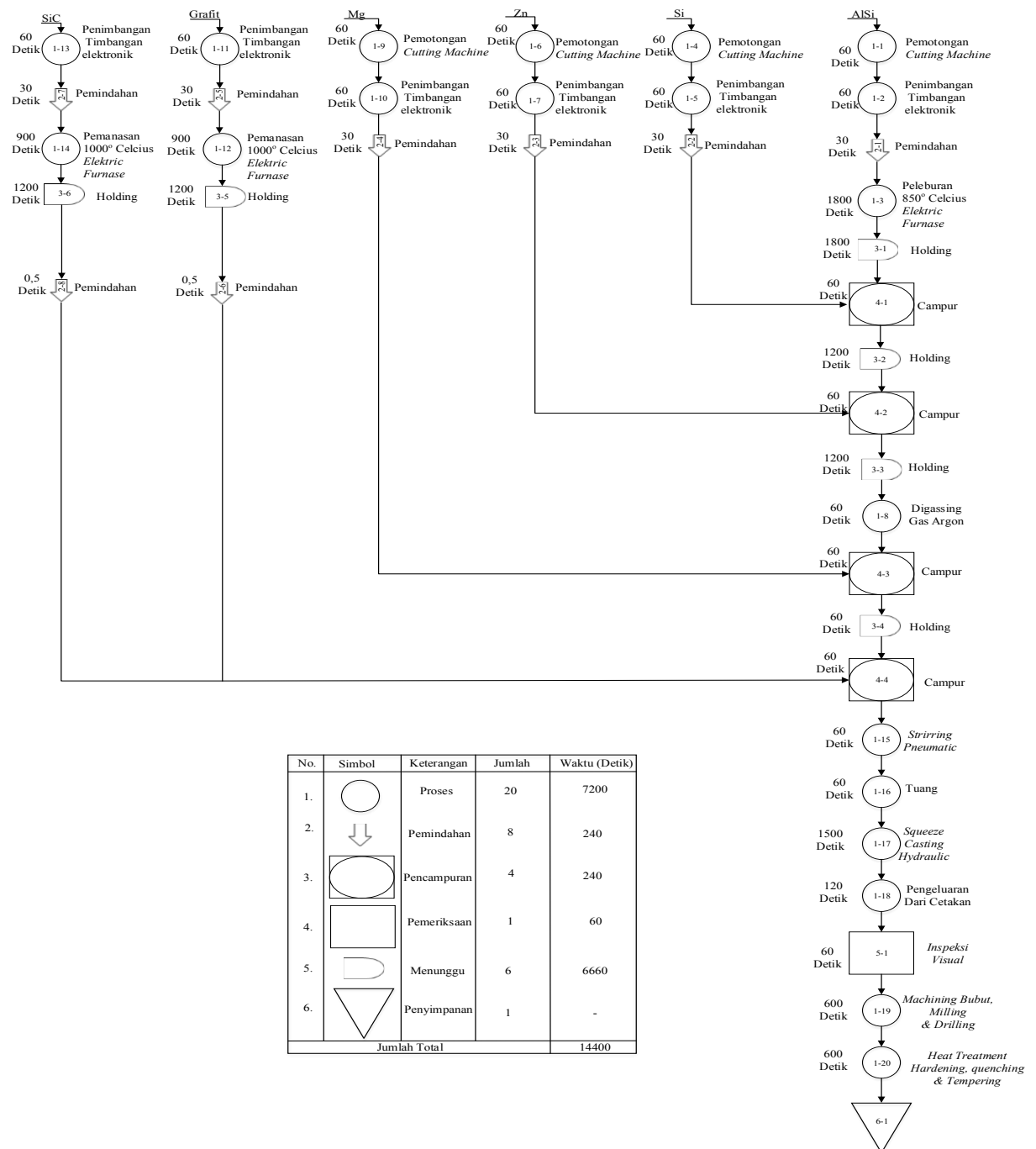
No	Temperatur (°C)	Waktu Pengereman (detik)	Jarak Pengereman (cm)
1	45,7	3,71	515
2	46,6	3,77	518
3	46,4	3,70	516
4	45,5	3,68	514
5	46,5	3,75	517
6	44,8	3,67	515
7	45,9	3,70	510
8	46,4	3,76	518
9	46,9	3,72	516
10	46,5	3,74	519
Rata-rata	46,12	3,72	515,8

Panas yang ditimbulkan *Disc Brake* aluminium komposit Hibrid Al-7Si-9Zn-6Mg berpenguat 10 % SiC dan 10 % grafit akibat pembebanan pengereman sebesar 154,7291 kgf dan gaya gesek sebesar 46,4187 kgf dengan kecepatan 40 km/jam didapatkan temperatur rata-rata sebesar 46,12°C dengan waktu pengereman rata-rata sebesar 3,72 detik dan jarak pengereman rata-rata sebesar 515,8 cm. Hasil pengujian kekerasan sebelum pengujian termomekanis didapatkan tidak adanya perubahan yang berarti akibat pembebanan dan perubahan temperatur pada uji termomekanis. Pada Pengujian pengamatan struktur pun tidak ada perubahan struktur setelah dilakukan uji termomekanis. Jadi *Disc Brake* aluminium komposit Hibrid Al-7Si-9Zn-6Mg berpenguat SiC dan grafit memiliki karakteristik termomekanis yang baik dan dapat dikatakan layak untuk digunakan pada sepeda motor.

BAB 5. ASPEK KELAYAKAN PRODUKSI

5.1 OPC (*Operation Process Chart*)

Untuk dapat mengetahui suatu tahapan proses suatu kegiatan maka bisa dilakukan dengan menggambarannya melalui OPC (*Operation Process Chart*). Berikut ini adalah tahapan sebuah proses yang digambarkan melalui OPC yaitu sebagai berikut :

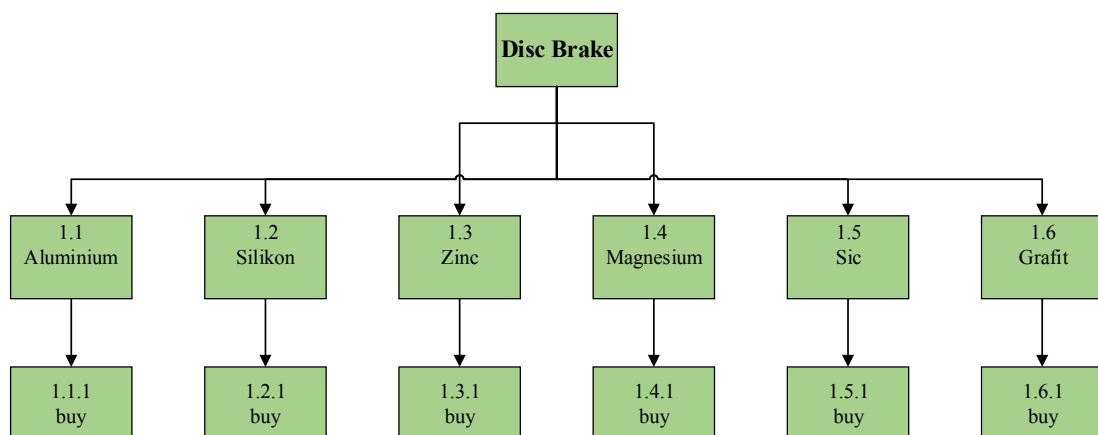


Gambar 5.1 OPC (*Operation Process Chart*) Disc Brake Komposit Hibrid Aluminium.

Dari gambar diatas dapat diketahui kegiatan tahapan proses dalam pembuatan *disc brake* dari OPC didapatkan waktu kegiatan sebesar $14400 = 240 \text{ menit} = 4 \text{ jam}$ dalam proses pembuatan *disc brake*. Jika produksi dilakukan dalam 1 hari penuh dan pengerjaan dimulai dari pukul 08.00 WIB lalu istirahat pukul 12.00 - 13.00 WIB dan dilanjutkan pengerjaan dimulai pukul 13.00 – 17.00 WIB, maka *disc brake* dapat dilakukan 2 kali produksi. Jika cetakan dan hidrolik set di modifikasi menjadi 20 cetakan dan 20 hidrolik penekanan, maka dalam 1 hari dapat memproduksi 40 *disc brake* material komposit hibrid aluminium.

5.2 BOM (Bill Of Material)

Bill of material adalah suatu material yang diperlukan untuk merakit, mencampur, serta memproduksi suatu produk jadi. Di bawah ini merupakan struktur material dalam suatu produksi *disc brake* dan penjelasan darimana material tersebut bisa didapatkan.



Gambar 5.1 *Bill Of Material*.

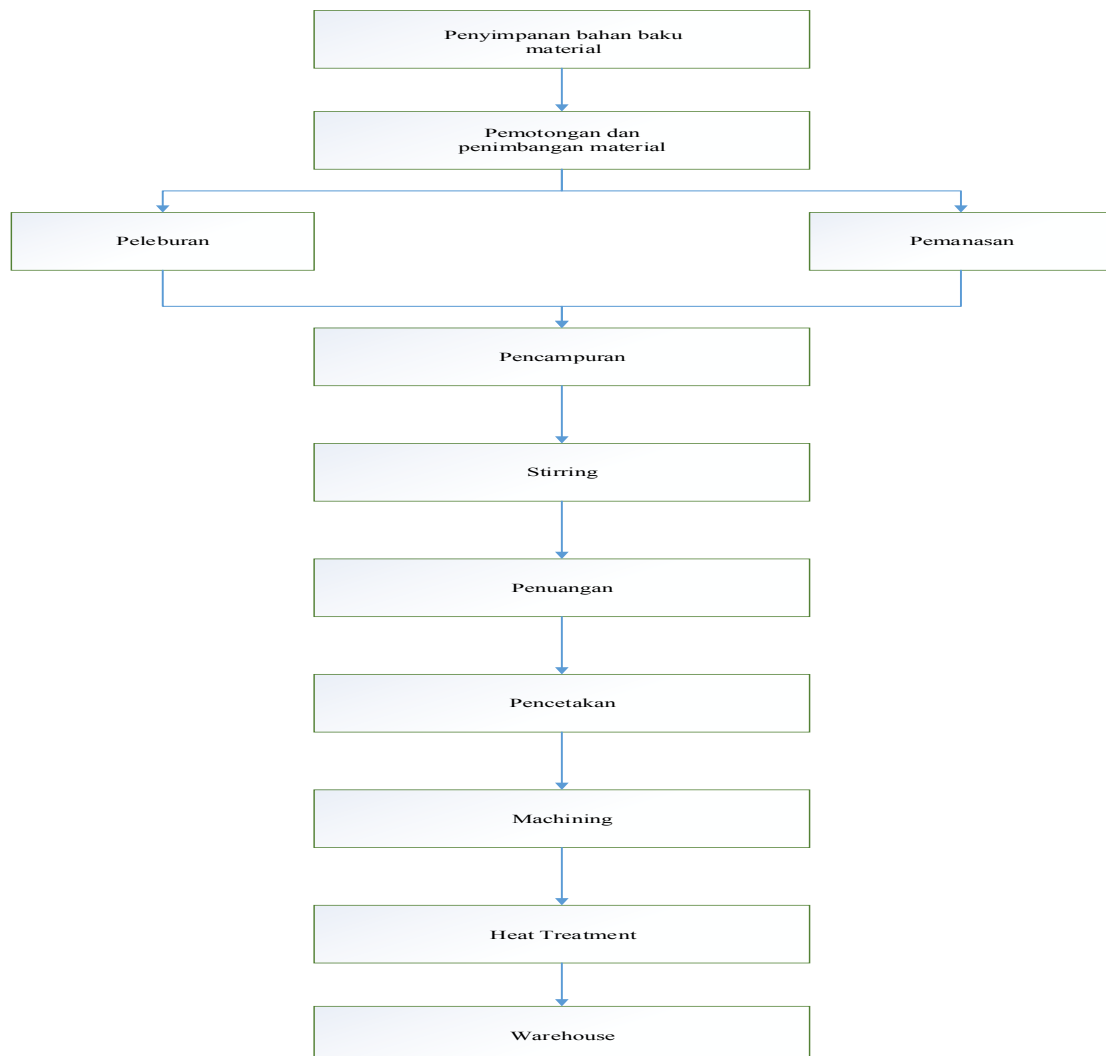
Tabel 5.1 *Bill Of Material*.

No. Komponen	Jenis bahan	Massa (gr)	Keterangan
1.1	Aluminium	626	<i>Buy</i>
1.2	Silikon	57	<i>Buy</i>
1.3	<i>Zinc</i>	75	<i>Buy</i>
1.4	Magnesium	49	<i>Buy</i>
1.5	Sic	77	<i>Buy</i>
1.6	Grafit	15	<i>Buy</i>
Jumlah :		899	

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa jenis bahan baku untuk produksi 1 *disc brake* membutuhkan aluminium dengan berat jenis sebesar 626 gr, *silicon* membutuhkan berat jenis 57 gr, *zinc* membutuhkan berat jenis 75 gr, magnesium membutuhkan berat jenis 49 gr, Sic membutuhkan berat jenis 77 gr dan grafit membutuhkan berat jenis 15 gr. Jika produksi 1 disc brake maka berat total keseluruhan material adalah 899 gr.

5.3 Product layout

Dalam produksi suatu *disc brake* dibutuhkan suatu penempatan ruang dproduksi agar produksi dalam dilakukan secara baik dan terfokus. Berdasarkan proses pembuatan *disc brake* ini, maka jenis *layout* yang cocok untuk produk ini yaitu produk *layout*, karena hanya memiliki satu variasi produk.



Gambar 5.2 Product Layout

Dapat dijelaskan dari gambar diatas tentang *product layout*, awalnya material disimpan ditempat penyimpanan bahan baku material, setelah itu material dilakukan pemotongan dan penimbangan sesuai komposisi yang dibutuhkan, material akan dipisahkan antara ingot menuju dapur peleburan dan penguat menuju dapur pemanas, setelah mencapai waktu yang ditentukan maka material akan dilakukan pencampuran yang dilanjutkan dengan *stirring*.

Setelah material bercampur merata, maka akan dilakukan proses penuangan menuju dies atau cetakan. Setelah waktu solidifikasi, maka pembongkaran cetakan dan dilanjutkan ke proses *machining*. Setelah material sudah 100% menjadi produk, maka akan dilakukan *heat treatment* dan setelah itu akan dilakukan penyimpanan pada *warehouse*.

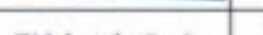
5.4 Activity Relationship Chart (ARC)

Sebelum membuat ARC diperlukan alasan sebagai acuan pertimbangan dalam pembuatan tabel ARC, diantaranya adalah sebagai berikut.

Tabel 5.2 Alasan ARC.

NO.	ALASAN
1.	Urutan Aliran Kerja
2.	Kemudahan Perpindahan
3.	Perbedaan Jenis Bahan Baku
4.	Kemudahan dalam pengawasan
5.	Kemudahan dalam komunikasi
6.	Bau tidak sedap, kotor, bising, bahan berbahaya

Tabel 5.3 Standard Penggambaran Derajat Hubungan

Derajat (Nilai Kedekatan)	Deskripsi	Kode Garis	Kode Warna
A	Mutlak		Merah
E	Sangat Penting		Oranye
I	Penting		Hijau
O	Cukup atau Biasa		Biru
U	Tidak Penting	Tidak Ada Garis	Tidak Ada Warna
X	Tidak Dikehendaki		Coklat

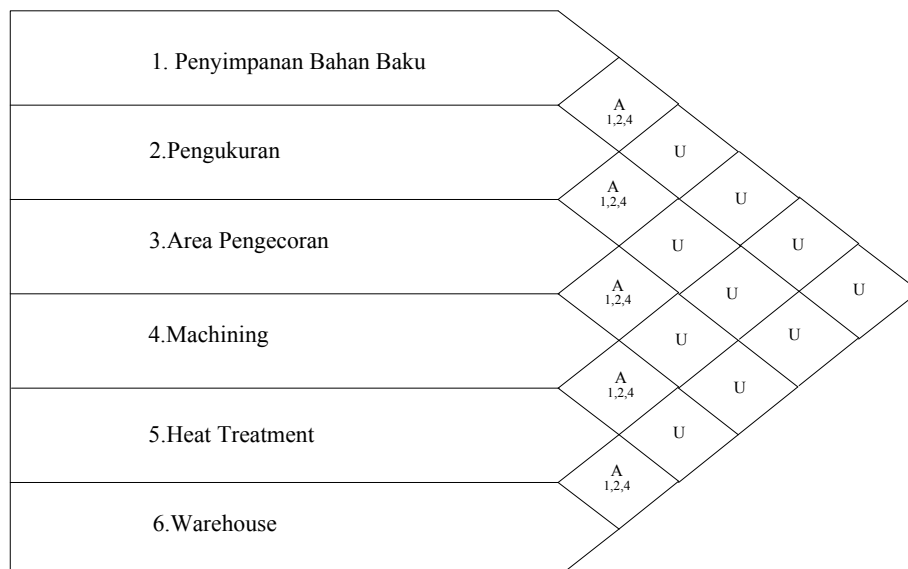
1) Activity Relationship Chart (ARC) Produksi

Berikut ini merupakan *Activity Relationship Chart* untuk rantai produksi dimana terdapat 6 area produksi.

Fasilitas yang dipertimbangkan :

1. Penyimpanan Bahan Baku
2. Pengukuran
3. Area Pengecoran
4. *Machining*
5. *Heat Treatment*
6. *Warehouse*

Tabel 5.4 Activity Relationship Chart (ARC) Produksi.



Kode atau simbol huruf dan angka-angkanya memiliki alasan masing-masing untuk jenis keterkaitan antar stasiun. Terdapat 6 area produksi yang ada di rantai produksi seperti Penyimpanan Bahan Baku, Pengukuran, Area Pengecoran, *Machining*, *Heat Treatment*, dan *Warehouse*.

Tabel 5.5 Derajat Keterkaitan Produksi.

Aktivitas	Derajat Keterkaitan					
	A	E	I	O	U	X
1. Penyimpanan Bahan Baku	2	-	-	-	3,4,5,6	-
2. Pengukuran	3	-	-	-	1,4,5,6	-
3. Area Pengecoran	4	-	-	-	1,2,5,6	-
4. <i>Machining</i>	5	-	-	-	1,2,3,6	-
5. <i>Heat Treatment</i>	6	-	-	-	1,2,3,4	-
6. <i>Warehouse</i>	5	-	-	-	1,2,3,4	-

Dari tabel derajat keterkaitan diatas dapat dilihat seberapa banyak departemen yang memiliki hubungan yang mutlak sampai hubungan antar departemen yang tidak dikehendaki dalam tata *layout* ruangnya. Dari derajat keterkaitan yang telah dibuat dapat dibuat *layout* produksi sebagai berikut:

2. Pengukuran	3. Area Pengecoran	4. <i>Machining</i>	5. <i>Heat Treatment</i>	6. <i>Warehouse</i>
1. Penyimpanan Bahan Baku				

Gambar 5.6 Block Layout Produksi.

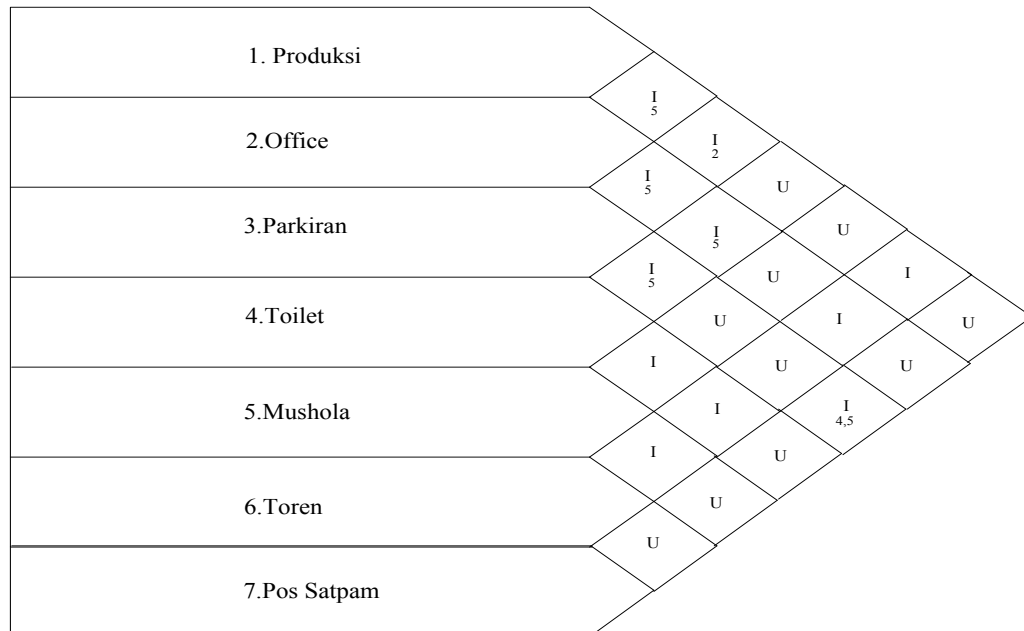
2) *Activity Relationship Chart* (ARC) Keseluruhan

Berikut ini merupakan *Activity Relationship Chart* untuk area keseluruhan dimana terdapat 7 area keseluruhan.

Fasilitas yang di pertimbangkan :

1. Produksi
2. *Office*
3. Parkiran
4. *Toilet*

5. Mushola
6. Toren
7. Pos Satpam



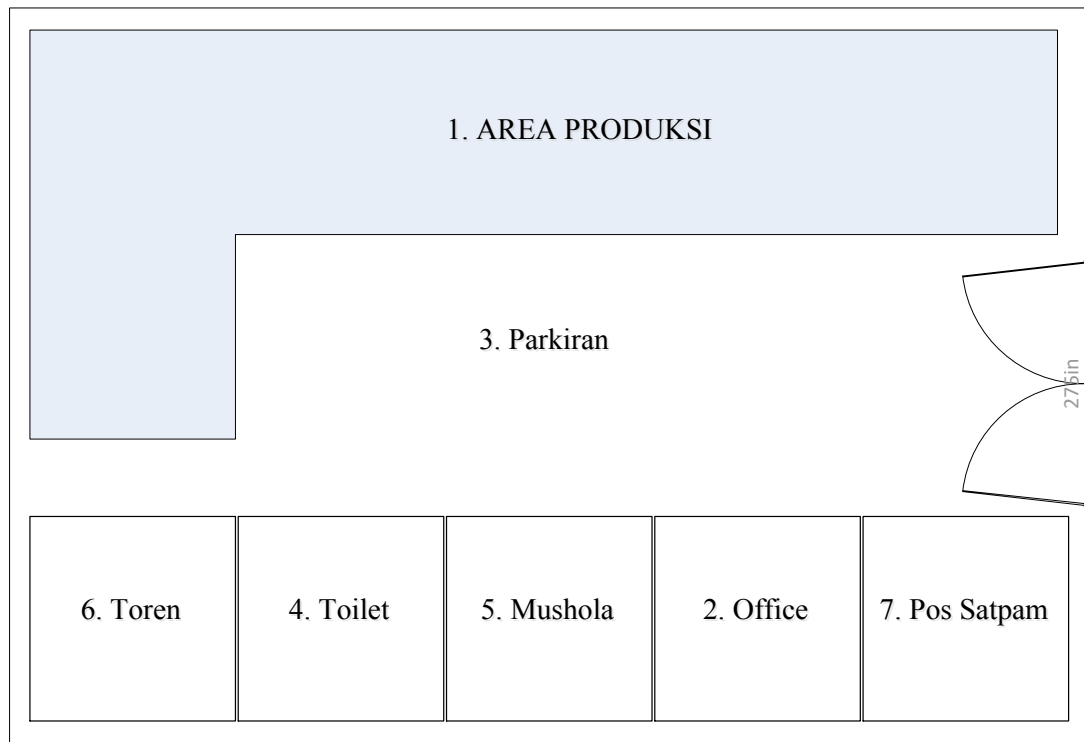
Gambar 5.7 *Activity Relationship Chart* (ARC) Keseluruhan.

Untuk *Activity Relation Chart* keseluruhan, terdapat 7 fasilitas yaitu Produksi, Office, Parkiran, Toilet, Mushola, Toren, Pos Satpam. Berikut ini merupakan tabel derajat keterkaitan.

Tabel 5.6 Derajat Keterkaitan Keseluruhan.

Aktivitas	Derajat Keterkaitan					
	A	E	I	O	U	X
1. Produksi	-	-	2,3,6	-	4,5,7	-
2. Office	-	-	1,3,4,6	-	5,7	-
3. Parkiran	-	-	1,2,4,7	-	5,6	-
4. Toilet	-	-	2,3,5,6	-	1,7	-
5. Mushola	-	-	4,6	-	1,2,3,7	-
6. Toren	-	-	1,2,4,5	-	3,7	-
7. Pos Satpam	-	-	3	-	1,2,4,5,6	-

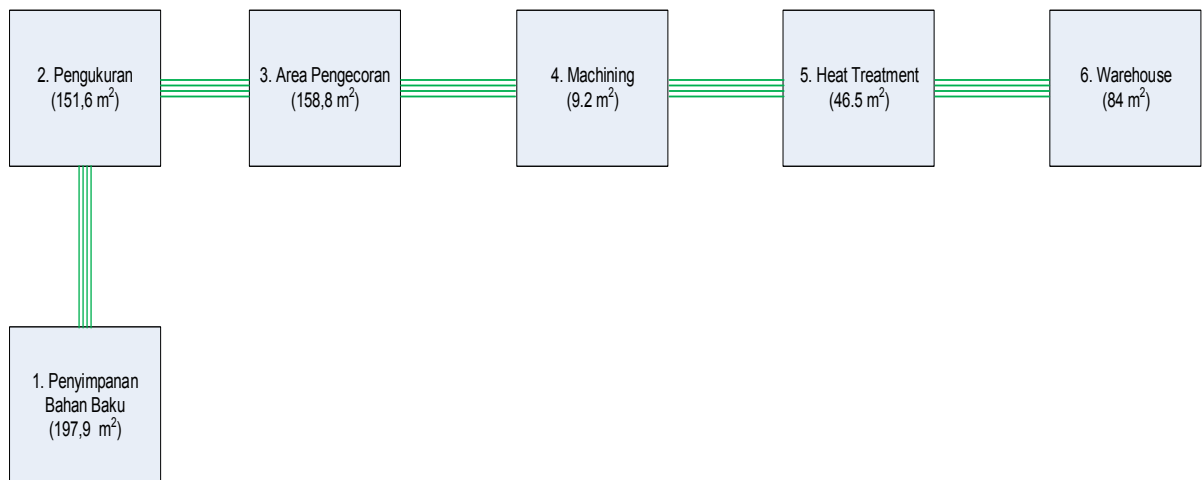
Dari tabel derajat keterkaitan diatas dapat dilihat seberapa banyak departemen yang memiliki hubungan yang mutlak sampai hubungan antar departemen yang tidak dikehendaki dalam tata layout ruangnya. Dari derajat keterkaitan yang telah dibuat dapat dibuat layout keseluruhan sebagai berikut:



Gambar 5.8 Layout Keseluruhan Industri Disc Brake Komposit Hibrid Aluminium.

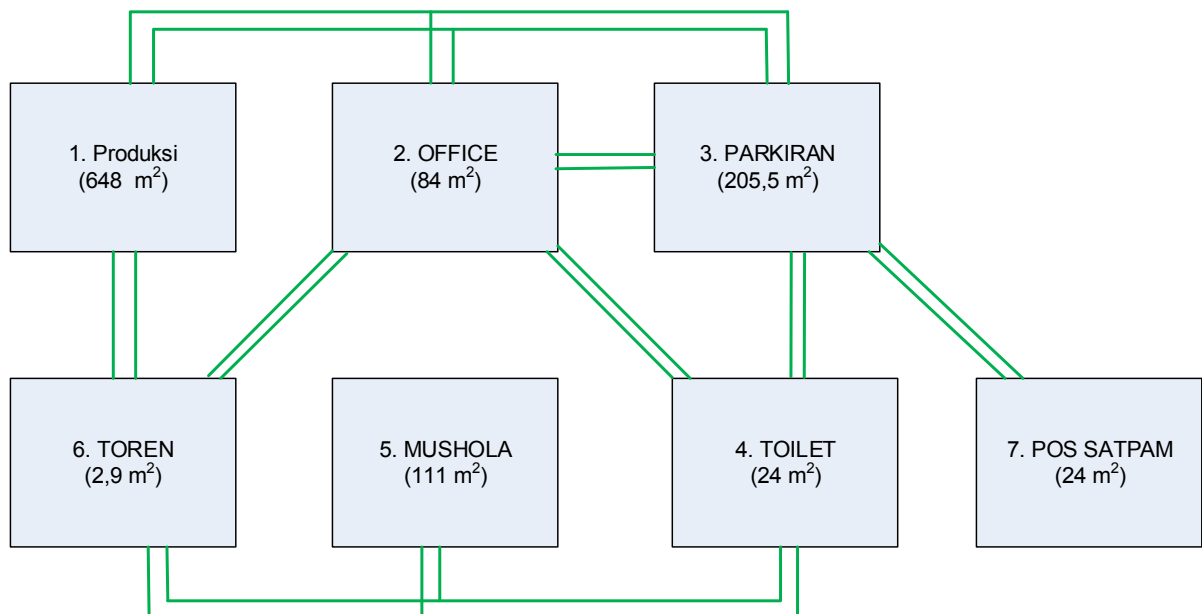
5.5 Activity Relationship Diagram (ARD)

Selanjutnya setelah pembuatan *Activity Relationship Chart* (ARC) langkah berikutnya yaitu membuat *Activity Relationship Diagram* (ARD). *Activity Relationship Diagram* (ARD) merupakan hubungan antar aktivitas (departemen atau mesin berdasarkan tingkat prioritas, kedekatan, sehingga diharapkan ongkos *Handling* menjadi minimum. Berikut ini merupakan ARD dibagian produksi dan ARD keseluruhan :



Gambar 5.9 ARD Produksi.

Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan bahwa hubungan antara penyimpanan bahan baku, pengukuran, area pengecoran, machining heat treatment dan warehouse adalah mutlak. Berarti hubungan antaranya tidak dapat dipisahkan atau dilewatkan.



Gambar 5.10 ARD Keseluruhan.

Pada gambar diatas diketahui bahwa hubungan antara ARD keseluruhan penting.

BAB V. PENUTUP

Perkembangan teknologi transportasi, khususnya komponen otomotif saat ini mengarah kepada pemenuhan kebutuhan penggunaan material yang lebih ringan dan efisien. Komposit matriks aluminium berpenguat partikel keramik telah dikembangkan untuk berbagai aplikasi komponen otomotif, khususnya *disc brake*, karena mempunyai berat jenis yang lebih ringan dan mampu mengurangi berat komponen 50-60% dibanding logam ferrous serta memiliki performa mekanis yang baik. Untuk meningkatkan performa sesuai pada aplikasi *disc brake*, komposit dapat dibuat dengan sistem hibrid yang merupakan penggabungan dua atau lebih jenis penguat partikel keramik. Riset ini telah memperoleh prototipe *disc brake* (cakram) dari material komposit aluminium hibrid berpenguat partikel keramik yang memiliki performa tribologi dan termomekanis yang optimal. Penelitian ini dilakukan dengan mengacu kepada Rencana Induk Penelitian Universitas Pancasila dalam bidang unggulan Pengembangan Teknologi Transportasi, yang difokuskan pada topik riset Perancangan dan Manufaktur Kendaraan. Komposit Hibrid yang dikembangkan menggunakan dua jenis partikel penguat yaitu alumina, SiC dan Grafit dengan fraksi volume 10-20 % dalam matriks paduan Al9Zn6Mg7Si. Komposit ini dimanufaktur dengan teknologi *squeeze casting*, yang merupakan gabungan dari proses pengecoran dan pembentukan dimana material diberikan tekanan pada saat mencapai temperatur semi solid dalam cetakan logam yang telah dipanaskan. Pada prototype telah dilakukan optimasi performa tribologi, yang dilakukan dengan variasi kecepatan dan beban aus dalam kondisi lingkungan basah dan kering sesuai aplikasi komponen *disc brake*. Selanjutnya prototipe juga dilakukan pengoptimalan kondisi termomekanis sehingga diperoleh *durability* yang baik dari *disc brake*. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa produk *disc brake* dari komposit matriks aluminium berpenguat partikel keramik hibrid dapat digunakan sebagai material alternatif komponen otomotif dengan performa tribologi dan termomekanis yang unggul dibanding logam lain yang umum digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Global Industry Analysis 2016, *Metal Matrix Composites (MMC) Market for Ground Transportation, Electronics/Thermal Management, Aerospace and Other End-users* - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013 ÷ 2019, <http://www.transparencymarketresearch.com/metal-matrix-composites.html>, diakses pada 10 April 2016.
2. Macke, F., Schultz, B.F., Rohatqi, P. 2012, *Metal Matrix Composites : Offer the Automotive Industry an Opportunity to Reduce Vehicle Weight, Improve Performance*, Advanced Material and Processes, pp.19-23
3. Stojanovic, B., Babic, M., Mitrovic, S., Vencl, A., Miloradovic, N., Pantic M. 2013, *Tribological characteristics of aluminium hybrid composites reinforced with silicon carbide and graphite*, A review: Journal of the Balkan Tribological Association. 19, 1, pp.83-96.
4. Stojanovic, B and Ivanovic, L 2015, *Application of aluminium hybrid composites in automotive industry*, Tehnicki Vjesnik 22, I, pp. 247-251
5. Rahmalina, D., Sofyan, B.T., Suharno, B., Siradj, E.S. 2011, *Development of steel wire rope – reinforced aluminium composite for armour material using the squeeze casting process*, Advanced Materials Research Journal, Vol. 277, pp. 27-35.
6. Sofyan, B.T., Rahmalina, D., Suharno, B., Siradj, E.S. 2013, *Deformation behaviour of silicon carbide reinforced al-7si composite after ballistic impacts*, Advanced Materials Research Journal, Vol. 789, pp. 33-36.
7. Rahmalina, D., Sofyan, B.T., Suharno, B., Siradj, E.S. 2012, *Pengaruh fraksi volume penguat silikon karbida terhadap karakteristik balistik komposit matriks aluminium*, Majalah Pengkajian Industri, Vol. 6 No. 1.
8. Rahmalina, D., Sofyan, B.T., Askarningsih, N., Rizkyardiani, S. 2014a, *Effect of treatment process on hardness of al7si-mg-zn matrix composite reinforced with silicon carbide particulate*, Advanced Materials Research Journal, Vol. 875-877 (2014a), pp. 1511-1515.
9. Rahmalina, D., Sukma, H., Lesmana, I.G.E., Halim, A. 2014b, *Effect of solution treatment process on hardness of alumina reinforced al-9zn composite produced by squeeze casting*, International Journal on Smart Material and Mechatronics, Vol 1 No.1 pp. 25-28.

10. Rahmalina, D., Sukma, H., Setiaji, I. 2017, *Characterization of aluminum matrix composite al-9zn-0.1mg-3si reinforced with ceramic particulate*, The 4th International Seminar : Research for Science, Technology and Culture (IRSTC) 2017
11. Waluyo, R., Rahmalina, D. 2017, *Uji performasi disc brake sepeda motor material komposit matriks aluminium berpenguat partikel keramik*, Aplikasi Mekanika dan Energi, Vo. 3, No. 1, pp. 36-40.
12. Rahmalina, D., Kusuma, I., Suharno, B., Sofyan, B.T., Siradj, E.S. 2010, *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.
13. Sofyan, B.T., Susanti, S., Yusfranto, R.R. 2008, *Peran 1 dan 9 w.t. % Zn dalam proses pengerasan presipitasi paduan aluminium AA319*, Makara Teknologi, 12 (1), pp. 48-54.
14. Lan J, Yan-li J, Yu L, Nan S, You-dong D. 2012, *Thermal analysis for brake disks of SiC/6061 Al alloy co-continuous composite for CRH3 during emergency braking considering airflow cooling*, Trans Nonferrous Met Soc China, 22, pp. 2783–2791
15. Maleque MA, Dyuti S, Rahman MM. 2010, *Material selection method in design of automotive brake disc*, Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol 3, WCE 2010, London.
16. ManojSingla DD, Singh L, Chawla V. 2009, *Development of aluminium based silicon carbide particulate metal matrix composite*, J Miner Mater Charact Eng, 8(6), pp. 455–467
17. *ASM Handbook Vo. 21* 2004, *Composites*, ASM International, The Materials Information Company.
18. Lin, T., Tan, C., Liu, B., and McDonald, A. 2008, *Microstructure of AA2024-SiC Nanostructured Metal Matrix Composite*. Journal of Materials Science, 45, pp. 7507-7512
19. Thimmarayan, R. and Thanigaiyarasu, G. 2010, *Effect of particle size, forging and ageing on the mechanical fatigue characteristics of Al6082/SiCp metal matrix composites*, International Journal of Advanced Manufacture Technology, 48, pp. 625–632
20. Abarghouie, S.M.R.M. and Reihani, S.M.S. 2010, *Aging behavior of a 2024 Al Alloy – SiCp composite*. Materials and Design, 31, pp. 2368-2374

21. Vinarcik, E.J., 2003, *High Velocity Die Casting Process*, John Wiley & Sons Inc., New York.
22. Souissi, N., Souissi, S., Nivinen, C.L., Amar, M.B., Bradai, C., Elhalouani, F. 2014, *Optimization of squeeze casting parameters for 2017 Al wrought alloy using taguchi method*, Metals 4, pp 141-154.
23. Vijarayan, T.R., et.al. 2006, *Fabrication of fiber reinforced metal matrix composite by squeeze casting technology*, Journal of Materials Processing Technology 178, pp.34-38.
24. Beffort, O., Long, O., Cayron, C., Kuebler, J., Buffat, P. 2007, *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, pp. 737-745.
25. Ravindran, P., Manisekar, K., Narayanasamy, P., Selvakumar, N., Narayanasamy, R. 2012, *application of factorial techniques to study the wear behaviour of Al hybrid composites with graphite addition*, Mater. Des. 39, pp.42–54.
26. Ravindran, P., Manisekar, K., Narayanasamy, P., Rathika, P. 2013a, *tribological properties of powder metallurgy-processed aluminium self lubricating hybrid composites with SiC additions*, Mater. Des. 45, pp. 561–570.
27. Ravindran, P., Manisekar, K., Kumar, S.V., Rathika, P. 2013b, *Investigation of microstructure and mechanical properties of hybrid aluminum nano composites with the additions of solid lubricants*, Mater. Des. 51, pp.448–456.
28. Devaraju A, Kumar A, Kotiveerachari B. 2013a, *Influence of addition of Grp/Al₂O₃ p with SiCp on wear properties of aluminum alloy 6061-T6 hybrid composites via friction stir processing*, Trans Nonferrous Met Soc China;23(5), pp.1275–80.
29. Devaraju A, Kumar A, Kotiveerachari B. 2013b, *Influence of rotational speed and reinforcements on wear and mechanical properties of aluminum hybrid composites via friction stir processing*, Mater Des;45: pp. 576–85.
30. Sadogapan, P., Natarajan, H.K., Kumar, P. 2018, *Study of silicon carbide-reinforced aluminum matrix composite brake rotor for motorcycle application*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 94, pp. 1461-1475.
31. Belhocine A, Bouchetara M. 2012, *Thermal analysis of a solid brake disc*, Appl Therm Eng;32, pp. 59–67

32. Dhir, D.K. 2018, *Thermo-mechanical performance of automotive disc brakes*, Materials Today : Proceedings 5 (2018), pp. 1864-1871.
33. Li W, Liang H, Chen J, Zhu SQ, Chen YL. 2014, *Effect of SiC particles on fatigue crack growth behavior of SiC particulate- reinforced Al-Si alloy composites produced by spray forming*. Procedia Mater Sci, 3, pp. 1694–1699
34. Nakagawa Y., Takahashi S., Masaki M., Imao R. 2014, *Study of effects of residual stress on natural frequency of motorcy- cle brake discs*, SAE Int J Passenger Car Mech Syst, 7(4), pp. 1435–1445