

PROSIDING



Editor :
Rafiuddin Syam, PhD
Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT

SEMINAR NASIONAL KE 3 REKAYASA MATERIAL, SISTEM MANUFAKTUR DAN KONVERSI ENERGI

TEMA :

**TANTANGAN DAN PELUANG REKAYASA MATERIAL, SISTEM MANUFAKTUR DAN
PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN YANG BERKELANJUTAN DAN RAMAH LINGKUNGAN**

Makassar-Gowa, 16 - 17 November 2016
Kampus Teknik Gowa, Universitas Hasanuddin,
JL. Poros Malino No 72, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia



ISBN 978-979-18011-2-6

2016

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

ISBN : 978-979-18011-2-6

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL
KE 3 REKAYASA MATERIAL,
SISTEM MANUFAKTUR DAN
KONVERSI ENERGI 2016**

TEMA:

**TANTANGAN DAN PELUANG REKAYASA MATERIAL, SISTEM
MANUFAKTUR DAN PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN YANG
BERKELANJUTAN DAN RAMAH LINGKUNGAN**

Makassar-Gowa, 17-18 November 2016
Kampus Teknik Gowa, Universitas Hasanuddin,
JL. Poros Malino No 72, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia

Editor :
Rafiuddin Syam, PhD
Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT

**Jurusan Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**

PROSIDING SEMINAR NASIONAL KE 3 REKAYASA MATERIAL, SISTEM MANUFAKTUR DAN KONVERSI ENERGI 2016

ISBN : 978-979-18011-2-6

©2016 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dilarang keras mengutip, menjiplak atau memfotokopi baik sebagian maupun seluruh isi buku ini serta memperjualbelikannya tanpa mendapat izin tertulis dari Penerbit Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Permintaan dan pertanyaan tentang reproduksi dan hak kekayaan intelektual dialamatkan ke Rafiuddin Syam,, PhD
email : rafiuddin@unhas.ac.id

Kekayaan intelektual dari setiap jurnal yang ada dalam prosiding ini tetap berada di tangan penulis seperti yang tercantum pada jurnal tersebut.

Penerbit oleh :

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Jl. P. Kemerdekaan Km 10 Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

90221 Telp/Fax ; (0411) 586015

Email: teknik@unhas.ac.id

Kata Pengantar

Pertama, kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh peserta yang bersedia mengirim makalah ilmiah hasil penelitian dan ikut dalam Seminar Nasional Rekayasa Material, Sistem Manufaktur dan Energi tahun 2016. Sebagai seminar nasional pertama yang dilakukan oleh Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, kami mengusung tema **TANTANGAN DAN PELUANG REKAYASA MATERIAL, SISTEM MANUFAKTUR DAN PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN YANG BERKELANJUTAN DAN RAMAH LINGKUNGAN**

Tema ini dipilih mengingat posisi penting Indonesia didunia ini, dimana bangsa Indonesia masih sangat membutuhkan teknologi dalam tiga bidang ini. Untuk itu beberapa langkah yang dilakukan adalah dengan mengadakan percepatan riset dan publikasi dalam bidang teknoains meliputi Material, Sistem dan Energi. Ketiga bidang ilmu itu menjadi salah satu bagian yang perlu dipacu untuk menjadi bangsa Indonesia yang maju dalam bidang Teknologi. Selanjutnya hasil riset menjadi asupan yang baik untuk percepatan Industri mulai dari hulu hingga hilir.

Adapun bidang penulisan tidak terbatas pada:

- Rekayasa Material yang meliputi berbagai bidang ilmu, mulai dari Teknik Material, Teknik Mesin, Teknik Geologi, Teknik Pertambangan, Ilmu Kimia, Ilmu Material untuk Infrastruktur dan Gedung.
- Sistem Mekanika yang meliputi Konstruksi Mesin, Sistem Otomotif, Perancangan Sistem, Konstruksi Kapal, Teknik Manufaktur, Sistem Manufaktur, Robotika, Mekatronika, Sistem Transportasi, Teknik Industri.
- Bidang Energi meliputi Energi baru dan terbarukan, konversi Energi, perpindahan panas dan massa, termodinamika, motor pembakaran dalam, motor pembakaran luar, Mekanika dan Dinamika Fluida, Hidrodinamika dan konservasi energy.
- Bidang Pendidikan yang terkait dengan bidang ilmu diatas.

Demikian pengantar ini diharapkan bapak/ibu, sdr(i) dapat mengikuti Seminar dengan baik dan bermanfaat bagi Negara kita Republik Indonesia.

Makassar, 17 November 2016

Hormat kami,

Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT
Ketua Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Sambutan Dekan Fakultas Teknik Unhas

Selamat Datang di Kampus II Fakultas Teknik,

Saya mengucapkan terima kasih kepada seluruh pemakalah/peserta The 3 Symposium on Smart Material and Mechatronics dan Seminar Nasional ke 3 Rekayasa Material, Sistem Manufaktur dan Energi 2016.

Kami berharap diskusi, sumbang saran para peserta seminar dapat membantu mempercepat pembangunan Negara ini dalam bidang Rekayasa Material, Sistem Manufaktur dan Energi. Semangat kita untuk membawa bangsa Indonesia menjadi lebih baik, dan melihat kondisi tanah air Indonesia makin lebih baik serta harapan akan pemimpin baru Indonesia, tidak ada jalan lain agar kita harus bahu membahu, bekerja sama dalam membangun bangsa ini.

Impor material yang mengalir sangat deras akibatnya adanya AFTA, system manufaktur yang belum tertata baik serta masalah energy baru dan terbarukan serta sistem distribusi yang kurang tertata baik serta pemanfaatan energy alternatif yang kurang memadai, menjadi alasan kita bertemu pada Symposium Internasional dan Seminar nasional ini. Seperti kita ketahui, masalah material untuk peralatan tempur, kapal selam, peluru kendali membuka peluang agar bangsa Indonesia bisa lebih mandiri bagi peralatan tempur bagi bangsa ini. Selain itu sistem produksi yang masih boros membuat hampir seluruh material di impor bagi bangsa ini, tak lain karena harga produksi yang masih tinggi. Begitupula masalah energi, konsep energy terbarukan dan alternative energi dalam rangka mengantisipasi tingginya harga BBM dunia, kerusakan lingkungan dan menipisnya persediaan BBM dunia.

Mari kita mulai bekerja sama, mari kita mulai membangun jaringan penelitian, mulai dari forum ke forum penelitian, dari jaringan ke komunitas penelitian dimasa yang akan datang.

Sekali lagi terima kasih, Selamat menyampaikan Ide dan Hasil Penelitian yang cemerlang.

Makassar, 17 November 2016
Hormat saya,

Dr.-Ing. Wahyu H. Piarah, MSME
Deakan Fakultas Teknik Unhas

T I M E D I T O R
PROSIDING SEMINAR NASIONAL KE 3 REKAYASA MATERIAL,
SISTEM MANUFAKTUR DAN KONVERSI ENERGI 2016

Penanggung Jawab : Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT
Pengarah : Dr.-Ing Wahyu H. Piarah

Ketua : Rafiuddin Syam, PhD
Anggota :

Prof.Dr.Ir. Hammada Abbas, MSME
Prof.Dr.Ir. Syamsul Arifin Padjalangi,M.Eng
Prof. Dr.Ir. Effendi Arief, ME
Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, M.T.
Ir. Abdullah Mappaita, MSME
Dr. Ir. Luther Sule, MT
Ir. Baharuddin Mire, MT
Ir. Muh. Yamin, MT
Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT
Dr. Ir. Onny Suryono Sutresman, MT
Ir. Thomas Tjandinegara, MSME
Dr. Ir. Johannes Leonard, DEA
Dr. Ir. Abdul Hay, MT
Ir. Ilyas Jamal, MT
Ir. Baharuddin Mire, MT
Dr.-Ing.Ir. Wahyu Haryadi Piarah, MSME
Ir. Muhammad Noor Umar, MT
Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT
Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT
Rafiuddin Syam,ST.,M.Eng,Ph.D
Dr. Ir. H. Nasruddin Azis, M.Si
Ir. Syahrir Arief, MT
Dr. Ir. Ahmad Yusran Aminy, MT
Ir. Mukhtar, MT
Dr.Eng. Jalaluddin, ST.,MT
Ir. Machmud Syam, DEA.
Dr. Lukmanul Hakim Arma., ST.,MT
Dr. Rustan Tarakka, ST., M.T.
Ir. Andi Mangkau,MT
Dr. Hairul Arsyad,ST.,MT
Dr. Fauzan, ST, MT
Dr.Eng. Novriany Amaliyah,ST.MT
Dr. Muhammad Syahid,ST.,MT
Dr. Andi Amijoyo Mochtar,ST.,M.Sc
Azwar Hayat, ST.,M.Sc, Ph.D

Daftar Isi Seminar Nasional Ke 3 Rekayasa Material, Sistem Manufaktur dan Energi 2016

No	Nama Peneliti	J u d u l	Hal
1	Rafiuddin Syam, Onny S Sutresman, Sapta Asmal* dan Amiruddin	Desain Sederhana Roket Sebagai Wahana Tanpa Awak Permukaan	1-8
	Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin rafiuddinsyam@gmail.com Amiruddin_ripers@yahoo.com		
2	Ahmad Zambarkah S S ^[1] , Nur Sultan Salahuddin ^[2] , TriniSaptariani ^[3]	Alat Pembaca Gerakan Lengan Menggunakan Accelerometer Dan Gyroscope Untuk Menggerakkan Robot Lengan	9-14
	Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Gunadarma Ahmad.zambarkah@gmail.com ^[1] , nur_sultan_s@yahoo.com ^[2] , tsaptariani@hotmail.com ^[3]		
3	Bukti Tarigan, Ir.,MT. Agus Sentana, Ir.,MT	Karakterisasi material bantalan Luncur dalam rangka pembuatan Dan peningkatan kualitas Komponen mesin komponen mesin	15-24
	Teknik Mesin Universitas Pasundan, Bandung bukti.tarigan@yahoo.com		
4	Chaidir Anwar ¹ , Chistoforus Yohannes ² , Faizal Arya Samman ³	Perancangan Mesin Bor PCB Skala Lab berbasis Mikrokontroler	25-30
	Universitas Hasanuddin Makassar, Indonesia chaidiranwar01@gmail.com christ.mitra@gmail.com faizalas@unhas.ac.id		
5	Hery Sonawan, Riki ¹⁾	Pengoptimalan Kecepatan Putar Nosel pada Proses <i>Flashing Purification</i> yang Menggunakan Nosel Berputar	31-34
	Fakultas Teknik – Universitas Bandung, Indonesia hsonawan@ymail.com		
6	Kennedy, Khairil Anwar, Moch. Briand Anggara	Pengaruh Laju Aliran Fluida <i>Liquid-Cooled Heat Sink</i> Terhadap Unjuk Kerja Sistim Pendingin Termoelektrik	35-40
	Universitas Tadulako Palu, Indonesia kennedy@untad.ac.id edymarsan@gmail.com		

Session 1B

8	Rifan Arfandy ¹⁾ , Effendy Arif ²⁾ , Jalaluddin ³⁾	Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Rumahan	LectureTheatre 4, Lantai 3	Paper 8
	Universitas Hasanuddin, Tamalanrea Makassar, Indonesia, jalaluddin_had@yahoo.com			
9	Faizal Arya Samman ¹ , Rhiza S. Sadjad ² , Andy Lukman Affandy ³ , Justiadi ⁴	Konverter DC/DC Tipe Buck untuk Saluran DC pada Suplai Daya Listrik Berbasis Energi Terbarukan	LectureTheatre 4, Lantai 3	Paper 9
	Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin faizalas@unhas.ac.id rhiza@unhas.ac.id			
10	Obet Ranteallo, H.Abbas ¹⁾ , O.Sutresma ²⁾ , A.Y.Aminy ³⁾	Hubungan Mikrostruktur, Komposisi Kimia Terhadap Kekerasan Pahat Sisipan Lapis Tio ₂ Dan Al ₂ O ₃ -Tio ₂	LectureTheatre 4, Lantai 3	Paper 10
	Universitas Hasanuddin Makassar, takke.ranteallo@gmail.com , ahmadyusrana@yahoo.co.id			
11	Yafet Bontong Nitha	Perilaku Sifat Mekanis Baja Karbon Rendah Akibat Pack Carburizing Dengan Media Arang Tulang Kerbau	LectureTheatre 4, Lantai 3	Paper 11
	Universitas Hasanuddin Makassar, Indonesia nithamaska@yahoo.com			
12	Bukti Tarigan, Ir.,MT. Agus Sentana, Ir.,MT	Analisa hasil pengelasan tabung Lpg dan permasalahannya	LectureTheatre 4, Lantai 3	Paper 12
	Teknik Mesin Universitas Pasundan, Bandung bukti.tarigan@yahoo.com			
13	Zulkifli Djafar ¹ , Hammada Abbas ² , Massriyady Massaguni ³	Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (<i>Hibiscus Tiliaceus</i>) dengan Epoxy Resin: Kekuatan Tarik	LectureTheatre 4, Lantai 3	Paper 13
	Universitas Hasanuddin Makassar, Indonesia			
14	Muhammad Nurdin, S.T., M.Si., M.T, Muhammad Chaerul Rijal, S.T., M.T	Proteksi kendaraan bermotor Berbasis telepon seluler	LectureTheatre 4, Lantai 3	Paper 14
	Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang E-mail : adya.athifa@gmail.com			

Session II A

15	Frans Robert Bethony Nitha	Perlakuan anyaman strip bambu petung sebagai penguat resin epoxy terhadap sifat mekanik komposit	LectureTheatre 2, Lantai 2	Paper 15
	Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. fransbethoni@yahoo.co.id			

23	Randis ¹ , Zulkifli ² , Hadi Hermansyah	Hubungan kadar Si pada pelumas engine terhadap keausan Fe, Al, Cu, Pb dan Cr dengan metode <i>analisis product moment</i>	122-128
	Program Studi Alat Berat - Politeknik Negeri Balikpapan randis@poltekba.ac.id , zulkifli@poltekba.ac.id hadi.hermansyah@poltekba.ac.id		
24	Johannes Leonard ⁽¹⁾ , Hairul Arsyad ⁽²⁾ , Trisbenheiser ⁽³⁾	Perubahan Kekerasan Dan Keausan Permukaan Baja St 40 Yang Telah Mengalami Proses <i>Nitriding</i> Dengan Variasi Suhu Dan Waktu	129-131
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin johannesleonard55@yahoo.com arsyadhairul@yahoo.com hilank_achoc@yahoo.co.id		
25	Rafiuddin Syam, Amiruddin	Desain Sistem Rotari Smart Green House untuk Tanaman Produktif	132-136
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin rafiuddinsyam@gmail.com Amiruddin_ripers@yahoo.com		
26	Zulkifli Djafar ^{1*} , Zuryati Djafar, Ilyas Jamal ³ , Muhammad Yamin ⁴	Pengaruh Jenis Tenunan Rami Pada Komposit Terhadap Sifat Kekuatan Mekanis	137-142
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin zulkiflidjafar65@gmail.com		
27	Nasaruddin Salam ^(1a) , Rustan Tarakka ^(1b) , Jalaluddin ^(1c)	Reduksi Tahanan Aliran Fluida Melintasi Silinder Persegi Tersusun Tandem Dengan Penambahan <i>Inlet Disturbance Body (IDB)</i>	143-147
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin nassalam.unhas@yahoo.co.id rustan_tarakka@yahoo.com		
28	Agus Sentana ¹⁾ , dan Bukti Tarigan ²⁾	Rancang Bangun Mesin/Alat Pemasang <i>Gallon Water Dispenser</i> Untuk Kebutuhan Masyarakat	149-154
	Teknik Mesin Universitas Pasundan (Unpas) Bandung agssent@gmail.com tarigan@yahoo.com		
29	Luther Sule	Perilaku aliran air terhadap kinerja roda air arus bawah untuk pembangkit listrik skala pikohidro	155-163
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Luther.sule@yahoo.co.id		

KARAKTERISASI MATERIAL BANTALAN LUNCUR DALAM RANGKA PEMBUATAN DAN PENINGKATAN KUALITAS KOMPONEN MESIN

Bukti Tarigan, Ir.,MT.
Prodi Teknik Mesin Universitas Pasundan, Bandung
E-Mail : bukti.tarigan@yahoo.com

Agus Sentana, Ir.,MT
Prodi Teknik Mesin Universitas Pasundan, Bandung

Abstrak : Pada suatu peralatan atau mesin dapat dipastikan bahwa terdapat banyak komponen yang bergerak baik dalam bentuk gerakan angular maupun gerakan linear. Seperti halnya pada turbin, motor bakar dan lainnya terdapat poros (*shaft*) yang berputar. Namun perlu adanya komponen dudukan yang kuat, tahan gesekan dan koefisien gesekannya yang rendah terhadap poros tersebut. Pemilihan jenis material dan sifatnya pada bantalan gelinding atau luncur menjadi pilihan utama untuk mengurangi koefisien gesek tersebut. Dalam penelitian ini kami membahas tentang karakterisasi bantalan luncur turbin uap dan kendaraan mobil (*engine bearing*), dengan tujuan mengetahui berbagai jenis material, cara pembuatan dan peningkatan kualitas industri komponen mesin dalam negeri. Bantalan luncur ini tentunya memiliki sifat – sifat yang sesuai dengan penggunaannya, namun sifat – sifat tersebut sangat berpengaruh dari struktur mikro, komposisi kimia, dan proses pengerjaannya. Maka dari itu beberapa pengujian dilakukan pada bantalan luncur untuk dapat mengetahui karakteristik dan membandingkan dengan standar yang digunakan untuk bantalan luncur. Babbit menjadi solusi untuk dapat mengurangi koefisien gesek pada poros yang berputar. Namun proses pelapisan Babbit dengan *base material* sering menjadi kendala pada umur bantalan.

Kata Kunci : Bantalan Luncur, Poros, Karakterisasi

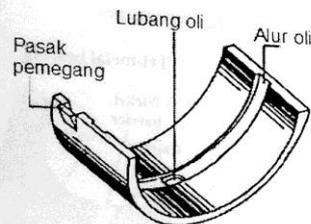
PENDAHULUAN

Bantalan (*bearing*) adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara teratur, aman dan mempunyai umur yang panjang. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh mesin akan menurun atau tidak dapat bekerja secara semestinya. Jadi, bantalan dalam mesin dapat disamakan perannya seperti pondasi pada gedung. Bantalan dapat diklasifikasikan menurut gerakan bantalan pada poros adalah bantalan luncur dan bantalan gelinding.

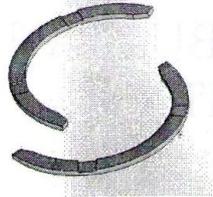
Pada bantalan gelinding terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding

seperti bola (peluru), rol atau rol jarum atau rol bulat. Bantalan luncur mampu menumpu poros dengan beban besar. Pada bantalan luncur terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantara lapisan pelumas. Bantalan ini sederhana konstruksinya dan dapat dibuat serta dipasang dengan mudah. Karena gesekannya yang besar pada waktu mulai jalan, bantalan luncur memerlukan momen awal yang besar. Pelumasan pada bantalan ini tidak begitu sederhana. Panas yang timbul dari gesekan yang besar, terutama pada beban besar, memerlukan pendinginan khusus.

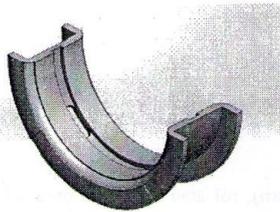
Sekalipun demikian, karena adanya lapisan pelumas, bantalan ini dapat meredam tumbukan dan getaran sehingga hampir tidak bersuara. Tingkat ketelitian yang diperlukan tidak setinggi bantalan gelinding sehingga dapat lebih murah. Pada umumnya konstruksi bantalan luncur berbentuk silinder atau silinder yang dibelah dua. Contoh – contoh jenis konstruksi bantalan luncur menurut pembebanan dapat dilihat dapat dilihat pada gambar 1, 2,3.



Gambar 1
Konstruksi bantalan luncur.



Gambar 2
Bantalan luncur aksial.

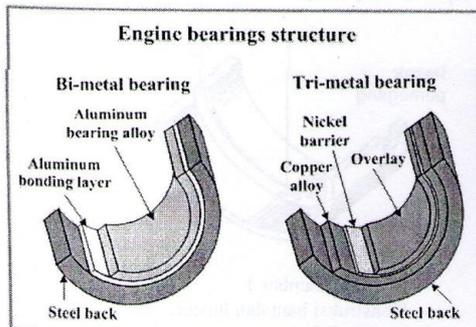


Gambar 3
Bantalan luncur aksial radial.

Bantalan luncur dapat mendukung beban yang diterima oleh poros dan mempunyai sifat – sifat sebagai berikut :

- Kekuatan leleh (*Fatigue strength*)
- Ketahanan aus (*Wear resistance*)
- Mampu membenamkan kotoran (*Embedability*)
- Mampu menyesuaikan diri (*Conformability*)
- Resistensi kejang (*Seizure resistance*)
- Dapat meredam tumbukan dan getaran
- Tahan korosi (*Corrosion resistance*)
- Koefisien gesek yang rendah

Dari klasifikasi jenis bantalan luncur menurut struktur lapisan yang sering digunakan pada kendaraan adalah bantalan Bi-metal dan Tri-metal. Bentuk Strukturnya dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4

Struktur lapisan material bantalan luncur mobil [8]

Tabel 1.
Komposisi dan kekerasan dari beberapa paduan yang umum digunakan untuk material bantalan [5]

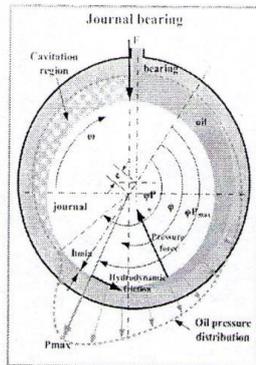
Komposisi kimia (% berat)	Kekerasan (HV 2.5)
Lgam putih paduan	
Timah / 7-8% antimon / 3-3.5% tembaga (SnSb7.5Cu3.5)	27-29
Timah / 8-9% antimon / 3-4% tembaga / 0.5-1% kadmium / 0.05-0.15% khrom (SnSb8.5Cu3.5Cr)	28-33
Timbal / 9-11% antimon / 5-7% timah (PbSb10Sn6)	16-20
Perunggu (paduan utama timbal)	
Tembaga / 28-32% timbal (CuPb30)	46-51
Tembaga / 24.5-27.5% timbal / 1-2% timah (CuPb26Sn1.5)	78-82
Tembaga / 20-24% timbal / 3.5-5% timah (CuPb22Sn4)	98-105
Tembaga / 9-11% timbal / 9-11% timah (CuPb10Sn10)	124-140
Aluminium paduan	
Aluminium / 37-43% timah (AlSn40)	23-25
Aluminium / 37-43% timah / 0.3-0.5% tembaga (AlSn40Cu0.5)	29-31
Aluminium / 18.5-24% timah / 0.8-1.2% tembaga (AlSn20Cu1)	34-41
Aluminium / 5.5-7% Sn / 0.7-1.3% tembaga / 0.7-1.3% nikel (AlSn6Cu1Ni1)	38-43
Aluminium / 10-11% silikon / 0.8-1.2% tembaga (AlSi11Cu1)	59-62

Bantalan *bi-metal* dan *tri-metal* memiliki baja pendukung yang mendukung struktur bantalan bagian belakang memberikan kekakuan pada bantalan dan tahan terhadap temperatur tinggi dan juga terhadap beban yang berulang-ulang.

Pada bantalan *tri-metal* memiliki baja pendukung sama halnya seperti pada bantalan *bi-metal* akan tetapi pada bantalan *tri-metal* mempunyai lapisan tiga lapis.

Bantalan Pelumas Hidrodinamik

Bantalan pelumas hidrodinamik adalah operasi bantalan dengan pelumas hidrodinamik, di mana permukaan bantalan dipisahkan dari permukaan jurnal oleh lapisan pelumas yang dihasilkan oleh rotasi jurnal. Sebagian besar bantalan luncur mobil adalah jenis bantalan pelumas hidrodinamik. Mekanisme bantalan pelumas hidrodinamik dengan putaran jurnal searah jarum jam dapat dilihat pada gambar 5.

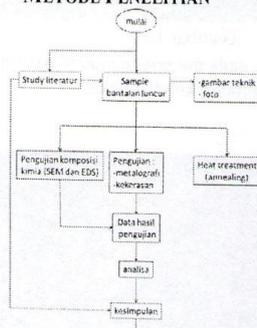


Gambar 5

Mekanisme bantalan pelumas hidrodinamik dengan arah putaran jurnal searah jarum jam (CW) [4]

Rotasi jurnal akan menyebabkan pemompaan cairan pelumas (minyak) yang akan mengalir di sekitar bantalan dalam arah rotasi. Jika tidak ada gaya yang bekerja pada poros jurnal maka posisinya akan tetap konsentris (mempunyai pusat yang sama) ke posisi bantalan. Namun ketika poros jurnal menerima gaya akan terjadi perubahan posisi dari konsentris, dan membentuk celah pertemuan antara permukaan bantalan dan jurnal. Akibat dari pemompaan yang dihasilkan oleh putaran jurnal akan memaksa cairan pelumas untuk masuk melalui celah berbentuk baji dan menghasilkan tekanan yang tergantung dari putaran jurnal. Tekanan dari cairan pelumas memberikan kekuatan pendukung yang memisahkan jurnal dari permukaan bantalan. Kekuatan tekanan cairan pelumas dan hidrodinamika gaya gesek mengimbangi gaya luar (F) yang diterima oleh jurnal.

METODE PENELITIAN

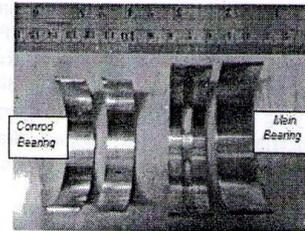


Gambar 6
Diagram Alir Penelitian.

Sample

Pengambilan sample diambil dari bantalan luncur dari mobil yang baru dan yang bekas. Bantalan luncur ini berfungsi untuk menumpu poros engkol agar putarannya dapat berlangsung secara teratur, aman, dan memiliki umur yang panjang. Dimana

sample yang digunakan adalah bantalan luncur bagian jurnal poros engkol (Main bearing) dan bantalan luncur bagian pena poros engkol (Connecting Rod Bearing). Material bantalan ini terdiri dari beberapa lapis logam yaitu baja yang dilapisi oleh paduan aluminium. Sample bantalan luncur dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Sample bantalan luncur.

Pengujian yang dilakukan meliputi pemotongan sample terhadap bantalan yang baru maupun yang bekas meliputi Pengujian metalografi, Pengujian kekerasan dan Analisa komposisi kimia.

a. Pengamatan Metalografi

Pengamatan metalografi dilakukan untuk pengamatan makro dan mikro menggunakan mikroskop optik kemudian dilakukan pemotretan, yang bertujuan untuk mengetahui jenis material, fasa-fasa yang terkandung, dan memperkirakan proses produksi yang dilakukan dan juga untuk pengukuran ketebalan lapisan. Pemeriksaan metalografi bertujuan untuk mengetahui struktur mikro dan fasa-fasa yang terkandung dalam material bantalan luncur Dengan urutan sbb:

1. Pemotongan
2. Pemingkaihan (*mounting*)
3. Penggerindaan (*Grinding*)
4. Pemolesan (*Polishing*)
5. Pengetsaan (*Etching*)
6. Pengamatan dan pemotretan struktur mikro dan Makro

b. Uji Kekerasan (Hardness)

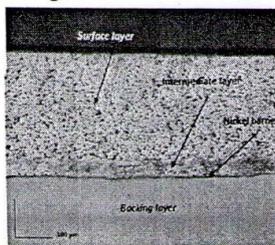
Setelah pengamatan struktur mikro, dapat diperkirakan jenis material dan proses produksi yang dilakukan untuk pembuatan bantalan luncur. Dengan demikian dapat menentukan metoda uji keras yang cocok untuk material ini, metoda pengujian kekerasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan pengujian kekerasan mikro Vickers. Pemilihan metoda mikro vickers ini dikarenakan material yang akan diteliti telah melalui proses pengerolan dingin (*cold rolling*) dilihat dari bentuk butir-butir yang lonjong (*elongated*), logam yang telah melalui proses pengerjaan dingin (*cold working*) akan terjadi pengerasan regangan (*strain hardening*) yakni logam tersebut akan menjadi keras atau kekerasannya meningkat.

Untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung pada material bantalan luncur maka dilakukan uji komposisi dengan metoda analisa kuantitatif untuk material baja, dan untuk lapisan metode EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) dengan menggunakan mesin Philips XL 20 Scanning Electron microscopy (SEM) yang dilengkapi dengan Energy Dispersive X-ray Spectrometri (EDS).

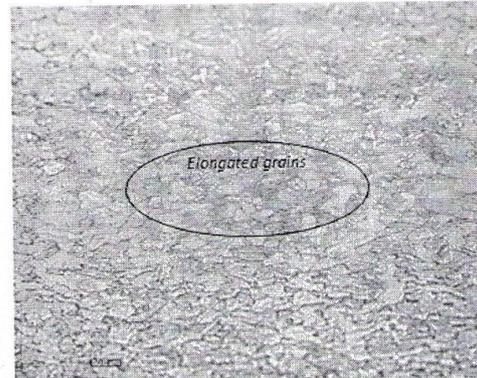
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data dan Analisa Metalografi Material Bantalan Batang penghubung

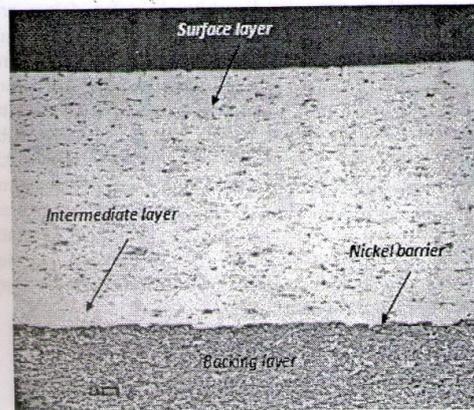
Pengujian metalografi dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik kemudian dilakukan pemotretan, yang bertujuan untuk mengetahui jenis material, fasa-fasa yang terkandung, dan memperkirakan proses produksi yang dilakukan dan juga untuk pengukuran ketebalan lapisan. Spesimen yang digunakan untuk uji metalografi ini yaitu bagian dari bantalan batang penghubung yang baru dan bekas pakai, kemudian spesimen yang telah melalui proses perlakuan panas (*annealing*). Lokasi yang diambil untuk pemotretan struktur mikro dilakukan pada titik yang dianggap paling kritis terkena beban paling besar pada saat mesin melakukan kerja. Dibawah ini merupakan foto hasil pemotretan struktur mikro bantalan batang penghubung dari pengujian metalografi.



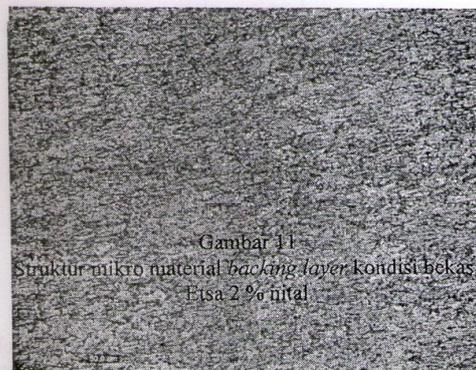
Gambar 8
Struktur lapisan pada material bantalan batang penghubung kondisi baru



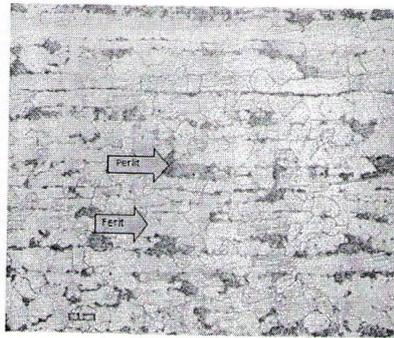
Gambar 9
Struktur mikro material *backing layer* kondisi baru terdapat butir-butir yang lonjong (*elongated*). Etsa 2 % nital



Gambar 10
Struktur lapisan pada material bantalan batang penghubung kondisi bekas



Gambar 11
Struktur mikro material *backing layer* kondisi bekas. Etsa 2 % nital



Gambar 12
Struktur mikro material *backing layer* kondisi *annealing* terdapat fasa ferrit dan pearlit

Hasil pengamatan dan pemotretan struktur mikro pada material bantalan batang penghubung kondisi baru, dan kondisi bekas, bahwa bantalan ini terdiri dari tiga lapis logam (*tri-metal*) yaitu *surface layer*, *intermediate layer*, dan *backing layer* seperti pada gambar 8 (baru) dan 10 (bakas). Bantalan *tri-metal*

mampu mendukung beban yang besar [4]. Dapat dipastikan bahwa bantalan batang penghubung ini mampu mendukung beban besar dan tegangan berulang yang diakibatkan oleh dorongan torak pada saat proses pembakaran. Ketebalan lapisan pada material bantalan batang penghubung dapat dilihat pada table 2.

Table 2
ketebalan lapisan pada bantalan batang penghubung. Etsa 2 % nital

Baru		Bekas pakai	
Jenis lapisan	Ketebalan (mm)	Jenis lapisan	Ketebalan (mm)
Surface layer	0,24	Surface layer	0,32
Intermediate layer	0,048	Intermediate layer	0,05
Nickel barrier	0,002	Nickel barrier	0,002
Backing layer	1,2	Backing layer	1,13
Total	1,49	Total	1,502

Ketebalan lapisan pada bantalan batang penghubung baru lebih tipis dibandingkan dengan yang bekas pakai, ini karena perbedaan tahun produksi, yakni spesifikasi dimensi ketebalan lapisan tidak akan sama atau perbedaan tingkat reduksi pada proses pembentukan.

Bantalan dengan ketebalan *surface layer* 0.25 – 0.5 mm ditandai dengan sifat Kemampuan penyesuaian diri yang baik (*Good conformability*) [6]. Dapat dipastikan bantalan ini mampu mengakomodasi terhadap lenturan (*misalignments*) cukup besar pada poros.

Untuk pengamatan pada material lapisan pendukung (*backing layer*) kondisi baru dapat diperkirakan materialnya adalah baja karbon rendah dengan bentuk butir yang lonjong (*elongated*) seperti pada gambar 9. Kemudian dari hasil pencocokan

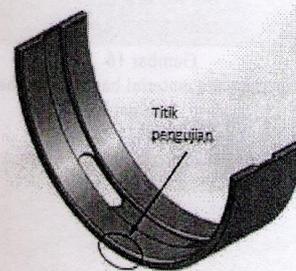
dengan atlas metalografi maka dapat dipastikan bahwa material pendukung bantalan ini termasuk baja AISI 1008 dengan tingkat reduksi sebesar 20% mempunyai ukuran butir kecil (ASTM No.9). Struktur material dengan bentuk butir yang lonjong diakibatkan oleh energi pembentukan yang terserap oleh material pada saat proses pembentukan dengan metoda pengerjaan dingin (*cold working*) karena tidak terjadi rekristalisasi. Sehingga dapat diperkirakan bahwa proses produksi yang dilakukan yaitu dengan proses *roll bonding*.

Untuk pengamatan pada lapisan pendukung kondisi bekas pakai, strukturnya tidak memberikan informasi yang jelas seperti pada gambar 11 ini diakibatkan oleh beban besar yang terus berulang-ulang sehingga akan terjadi gesekan yang besar antara permukaan pena poros engkol dan bantalan yang akan menimbulkan panas sehingga panas tersebut dapat menyebabkan struktur mikro dari material menjadi berubah/rusak.

Lapisan pendukung yang telah dilakukan proses *annealing* adalah bantalan kondisi bekas pakai dimana pada struktur mikro terdapat fasa ferit (putih) dan perlit (hitam) seperti pada gambar 12 dengan presentase ferit lebih banyak yang menunjukkan bahwa material ini termasuk baja karbon rendah. Kemudian dari hasil pencocokan dengan atlas metalografi material lapisan pendukung dipastikan termasuk kedalam golongan baja AISI 1025 dan mempunyai ukuran butir yang halus (kecil).

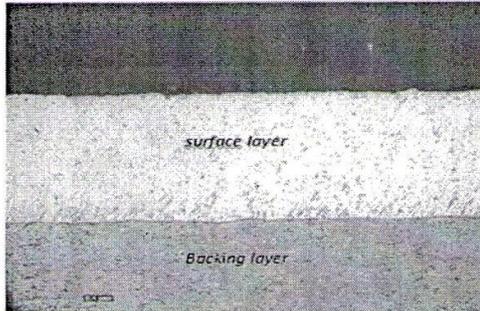
B. Data dan Analisa Metalografi Material Bantalan Utama

Spesimen yang digunakan untuk uji metalografi ini yaitu bagian dari bantalan utama yang baru dan bekas pakai, kemudian spesimen yang telah melalui proses perlakuan panas (*annealing*). Lokasi yang diambil untuk pemotretan struktur mikro dilakukan pada titik yang dianggap paling kritis terkena beban paling besar pada saat mesin melakukan kerja. Lokasi yang diambil untuk titik pengujian dapat dilihat pada gambar 13.

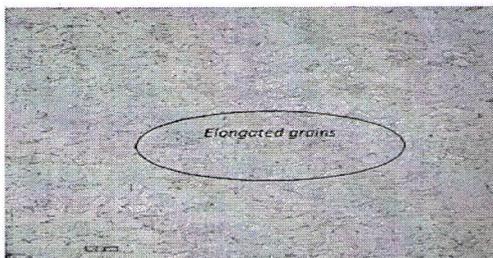


Gambar 13
Pengambilan titik pengujian pada sampel bantalan utama

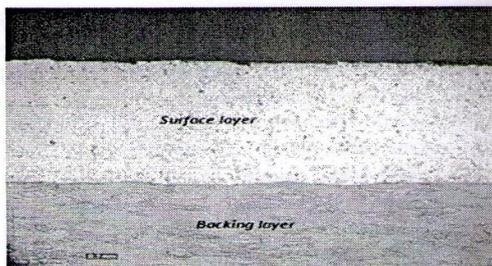
Dibawah ini merupakan foto hasil pemotretan struktur mikro material bantalan batang utama dari pengujian metalografi.



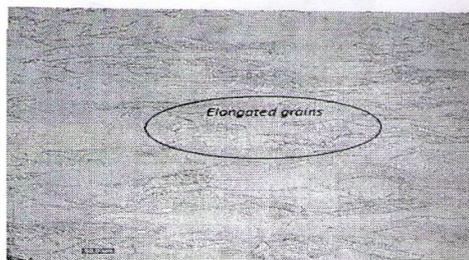
Gambar 14
Struktur lapisan pada material bantalan utama kondisi baru



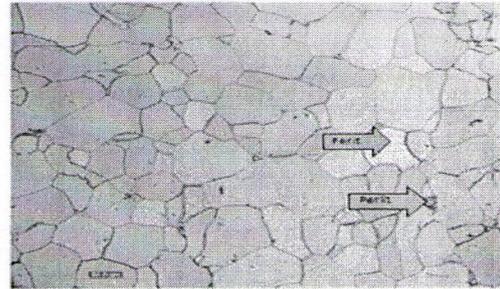
Gambar 15
Struktur mikro material backing layer kondisi baru terlihat butir-butir yang lonjong (elongated). Etsa 2 % nital



Gambar 16
Struktur lapisan pada material bantalan utama kondisi bekas



Gambar 17
Struktur mikro material backing layer kondisi bekas terlihat butir-butir yang lonjong (elongated). Etsa 2 % nital



Gambar 18
Struktur mikro material backing layer kondisi annealing terlihat fasa ferrit dan pearlit. Etsa 2 % nital

Setelah dilakukan pengamatan dan pemotretan struktur mikro pada material bantalan utama kondisi baru dan bekas pakai, bahwa bantalan ini terdiri dari dua lapis logam (*bi-metal*) yaitu *surface layer*, dan *backing layer* seperti pada gambar 14 dan 15. Bantalan *bi-metal* hanya mampu

mendukung beban kecil^[4]. Bantalan utama menerima beban yang lebih kecil dibandingkan dengan bantalan batang penghubung, dan juga karena adanya gaya angkat dari cairan pelumas pada poros engkol (*hydrodynamic lubrication*) sehingga gesekan antara permukaan bantalan dan jurnal sangat kecil dan hampir tidak bersentuhan karena adanya lapisan pelumas tipis yang menghalangi mereka. Gesekan yang besar hanya terjadi pada saat mesin mulai jalan (*engine start*). ketebalan lapisan pada bantalan utama dapat dilihat pada table 3.

Tabel 3
Ketebalan lapisan pada bantalan utama

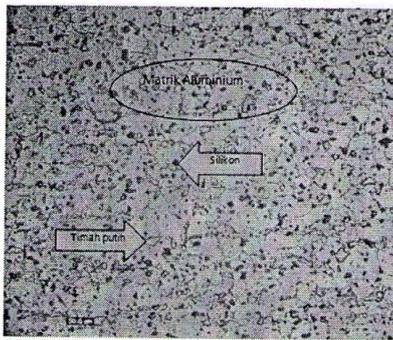
Baru		Bekas pakai	
Jenis lapisan	Ketebalan (mm)	Jenis lapisan	Ketebalan (mm)
Surface layer	0.24	Surface layer	0.26
Backing layer	1.76	Backing layer	1.735
Total	2	Total	1.99

Dari hasil pengamatan struktur mikro pada material lapisan pendukung kondisi baru dan bekas pakai dapat dilihat bentuk butir yang lonjong (*elongated*) dengan ukuran butir halus/kecil (ASTM No.8) untuk kondisi baru seperti pada gambar 15, dan ukuran butir yang lebih kasar/besar (ASTM No.6) untuk kondisi bekas pakai seperti pada gambar 17, kemudian dapat diperkirakan material yang digunakan adalah baja karbon rendah. Struktur butir yang lonjong (*elongated*) diakibatkan oleh energi yang terserap oleh material pada saat proses pembentukan melalui proses pengerjaan dingin (*cold working*). Sehingga dapat diperkirakan bahwa proses produksi yang dilakukan yaitu dengan proses *roll bonding*. Kemudian dari hasil pencocokan dengan atlas metalografi maka dapat dipastikan bahwa kedua

material lapisan pendukung termasuk baja AISI 1008 dengan tingkat reduksi sebesar 30% untuk kondisi baru dan 50% untuk kondisi bekas pakai.

Lapisan pendukung yang telah dilakukan proses *annealing* adalah bantalan kondisi bekas. Dimana pada struktur mikro terdapat fasa ferit dan perlit dengan presentase ferit lebih banyak seperti pada gambar 17 ini menunjukkan bahwa material yang digunakan adalah baja karbon rendah. Kemudian dari hasil pencocokan dengan atlas metalografi material pendukung dipastikan termasuk kedalam golongan baja AISI 1008 dan mempunyai ukuran butir medium (ASTM No. 7).

C. Data dan Analisa Hasil Metalografi Material Surface Layer



Gambar 19 Struktur mikro material lapisan permukaan (*surface layer*) menunjukkan timah putih (abu-abu terang berbentuk danau) dan silikon bebas (abu-abu gelap) yang tersebar secara seragam dalam matrik aluminium. Etsa Keller's

Dari hasil pengamatan struktur mikro pada material *surface layer* terdapat timah putih bebas (Sn) yang berbentuk danau, dan silikon bebas (Si) yang berwarna abu-abu gelap seperti pada gambar 18. Timah berfungsi sebagai pelumas padat pada permukaan poros yang memberikan sifat luncur yang baik (koefisien gesek rendah), dan silikon berfungsi sebagai poles abrasif dan meningkatkan ketahanan aus, silikon bebas ini akan terus memoles permukaan poros agar tidak terjadi las gesek atau memberikan sifat anti las [6].

Metalografi Kuantitatif

Metalografi kuantitatif merupakan metoda yang dipakai untuk memprediksi kadar karbon yang terkandung didalam suatu material.

1. Prediksi kadar karbon pada bantalan batang penghubung material *backing layer* kondisi *annealing*

Setelah dilakukan metalografi kuantitatif diperkirakan bahwa kandungan karbon pada material *backing layer*

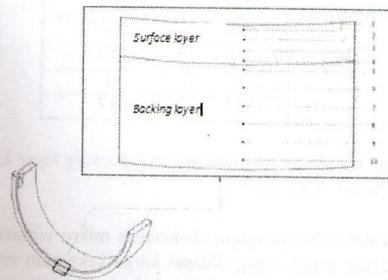
sebesar 0.21%C sehingga termasuk baja karbon rendah yakni kandungan karbon < 0.25% C.

2. Prediksi kadar karbon pada bantalan utama material *backing layer* kondisi *annealing*.

Setelah dilakukan metalografi kuantitatif diperkirakan bahwa kandungan karbon pada material *backing layer* sebesar 0.07% C sehingga termasuk baja karbon rendah yakni kandungan karbon < 0.25% C.

D. Data dan Analisa Hasil Uji Keras Material Surface Layer

Pengujian kekerasan yang dilakukan pada material bantalan luncur ini yaitu dengan menggunakan metoda pengujian kekerasan mikro vickers, beban penekanan yang digunakan pada indenter adalah 0,01 kgf dan 0,025 kgf untuk material kondisi *annealing* waktu penekanan selama 10 detik. Pengambilan lokasi uji keras dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20 Lokasi uji keras mikro vickers pada bantalan luncur

Data hasil pengujian kekerasan pada bantalan batang penghubung kondisi baru dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4.

Data hasil uji keras pada bantalan batang penghubung baru dan bekas.

No	Jarak dan permukaan atas (mm)	Kekerasan (HV _N) baru	Kekerasan (HV _N) Lama
1	0.015	63.6	63.9
2	0.075	74.2	61.0
3	0.135	75.4	51.7
4	0.255	71.1	55.8
5	0.295	222.7	331.0
6	0.525	214.6	301.7
7	0.755	187.5	299.6
8	0.985	201.7	321.9
9	1.215	196.1	289.2
10	1.445	ZZF	261.6

Harga kekerasan rata-rata pada bantalan batang penghubung kondisi baru yaitu sebagai berikut:

- *surface layer* = 71.075 VHN
- *Intermediate layer* = 71.1 VHN
- *Backing layer* = 208.62 VHN

Harga kekerasan rata-rata pada bantalan batang penghubung (bekas) yaitu sebagai berikut :

- *surface layer* = 58.1 VHN
- *Intermediate layer* = 55.8 VHN
- *Backing layer* = 304.17 VHN

Data hasil pengujian kekerasan pada material *backing layer* kondisi *annealing* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5.

Data hasil uji keras material *backing layer* (*annealing*)

No	Jarak dari permukaan atas (mm)	Harga kekerasan (HVN)
1	0.145	125.9
2	0.29	115.3
3	0.435	114.8
4	0.58	107.5
5	0.725	117
6	0.87	132.7

Harga kekerasan rata-rata material *backing layer* kondisi *annealing* yaitu 118.87 VHN

Dari data hasil pengujian kekerasan mikro *vickers* pada bantalan batang penghubung didapat harga kekerasan rata-rata dari setiap material lapisan, harga kekerasan pada material *surface layer* kondisi baru yaitu 71 HV, dan harga kekerasan pada material *surface layer* kondisi bekas yaitu 58 HV. Harga kekerasan yang lebih tinggi ditunjukkan pada material *surface layer* kondisi baru, diperkirakan pada material ini telah terjadi penuaan secara alami (*natural aging*) setelah melalui proses pembentukan temperature tinggi ditambah dengan proses pembentukan temperature rendah sehingga temper dari material *surface layer* akan naik menjadi T2 yang menjadikan material tersebut menjadi lebih keras. Sedangkan pada material *surface layer* kondisi bekas diperkirakan telah terjadi pelunakan (*anneal*) atau penurunan temper akibat dari panas yang timbul dari mesin ketika sedang beroperasi dan pendinginan secara perlahan ketika mesin dimatikan. Kemudian harga kekerasan rata-rata pada material *backing layer* kondisi baru yaitu 208 HV, dan harga kekerasan pada material *backing layer* kondisi bekas yaitu 304 HV. Harga kekerasan yang lebih tinggi ditunjukkan pada material *backing layer* kondisi bekas dikarenakan kandungan karbon pada material ini lebih tinggi dibandingkan dengan material *backing layer* kondisi baru. Baja yang memiliki kandungan karbon lebih tinggi kekuatan dan kekerasannya akan semakin tinggi pula. Pada material *backing layer* yang telah melalui proses *annealing* harga kekerasannya yaitu 118 HV lebih rendah dari kondisi awal karena pada kondisi awal telah terjadinya

pengerasan regangan (*strain hardening*) akibat dari proses pengerjaan dingin.

E. Data dan Analisa Uji Keras Pada Bantalan Utama

Tabel 6.

Data hasil uji keras pada bantalan utama kondisi baru dan bekas

No	Jarak dari permukaan atas	Harga kekerasan (HVN) baru	Harga kekerasan (HVN) bekas
1	0.015	74.7	7
2	0.075	61.0	75.2
3	0.135	51.7	76.0
4	0.195	55.8	68.6
5	0.36	246.6	238.2
6	0.734	284	247.4
7	1.108	252.2	236.1
8	1.482	263.7	250.3
9	1.856	281.6	241.4
10	2.23	242.3	220.9

Tabel 7

Data hasil uji keras pada material *backing layer* (*annealing*)

No	Jarak dari permukaan atas (mm)	Harga kekerasan (HVN)
1	0.226	99.1
2	0.452	94.3
3	0.678	95.7
4	0.904	93.8
5	1.13	96.6
6	1.356	98.5

Harga kekerasan rata-rata pada material *backing*

Backing layer = 96.3 VHN

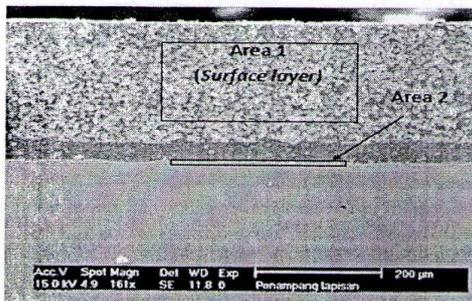
Dari data hasil pengujian kekerasan mikro *vickers* pada bantalan utama didapat harga kekerasan rata-rata dari setiap material lapisan. Harga kekerasan pada material *surface layer* kondisi baru yaitu 60 HV, harga kekerasan pada material *surface layer* kondisi bekas yaitu 73 HV. Kekerasan yang lebih tinggi ditunjukkan pada material *surface layer* kondisi bekas dikarenakan pada material ini tingkat reduksinya lebih besar pada saat proses pembentukan yaitu sebesar 50 %, dan tingkat reduksi yang lebih rendah pada material *surface layer* kondisi baru yaitu sebesar 30 %. Material yang menerima reduksi perubahan bentuk makin besar maka kekerasannya juga akan semakin meningkat dan makin getas.

Kemudian harga kekerasan rata-rata pada material *backing layer* kondisi baru yaitu 261 HV, dan harga kekerasan pada material *backing layer* kondisi bekas yaitu 239 HV. Kekerasan lebih tinggi ditunjukkan pada material *backing layer* kondisi baru dikarenakan pada material ini mempunyai struktur butir yang lebih halus/kecil (ASTM No.8), dan pada material *backing layer* kondisi bekas mempunyai struktur butir yang lebih kasar/besar (ASTM No.6). dengan demikian material yang mempunyai struktur butir lebih kecil akan semakin keras dan kuat demikian sebaliknya.

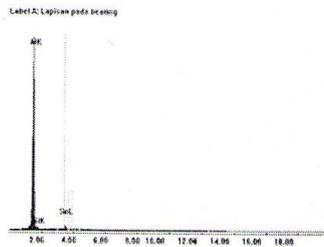
Pada material *backing layer* yang telah melalui proses *annealing* harga kekerasannya yaitu 96 HV lebih rendah dari kondisi awal karena pada kondisi awal telah terjadinya pengerasan regangan (*strain hardening*) akibat dari proses pengerjaan dingin.

F. Data dan Analisa Uji Komposisi Kimia

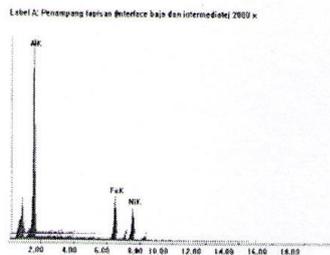
Dari hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan mikroskop electron (SEM dan EDS), analisa komposisi kimia dengan menggunakan metoda area yaitu menganalisa komposisi kimia pada luas tertentu seperti pada gambar 21. Hasil pengujian komposisi kimia pada area 1 dapat dilihat pada gambar 22, dan pada area 2 dapat dilihat pada gambar 23.



Gambar 21
Hasil SEM dan lokasi pengambilan data untuk uji komposisi kimia dengan EDS



Gambar 22
Data hasil uji komposisi dengan EDS pada area 1 (*surface layer*)



Gambar 23
Data hasil uji komposisi dengan EDS pada area 2

Tabel 8
Hasil analisa komposisi kimia dengan EDS pada area 1 (*surface layer*)

No	Unsur	Kandungan (%wt)
1	Aluminium (Al)	87.52
2	Timah (Sn)	8.82
3	Silikon (Si)	3.66

Tabel 9
Hasil analisa komposisi kimia dengan EDS pada area 2

No	Unsur	Kandungan (%wt)
1	Aluminium (Al)	35.48
2	Besi (Fe)	27.17
3	Nikel (Ni)	37.35

Pada lapisan permukaan (*surface layer*) materialnya yaitu aluminium paduan dimana unsur paduan utamanya yaitu timah (Sn) yang mempunyai komposisi 8.82%. Sn berfungsi sebagai pelumas padat yang memberikan sifat anti-gesekan dan juga meningkatkan ketahanan korosi (Wear resistant, Conformability, embedability) dan unsur paduan yang kedua yaitu 3.66% Si, Silikon memperkuat paduan (meningkatkan kekerasan) atau meningkatkan ketahanan aus, dan juga berfungsi sebagai polishing abrasif pada permukaan jurnal yang memberikan sifat anti las^[4]. Penambahan silikon sangat penting untuk

mesin yang poros engkolnya terbuat dari besi cor^[4]. Pada lapisan antara (*intermediate layer*) materialnya terbuat dari aluminium murni lapisan ini berfungsi sebagai aluminium perkat (*aluminum bonding layer*) sehingga konstruksi dari lapisan akan semakin kuat. Dan yang terakhir adalah lapisan nikel ini berfungsi sebagai lapisan perekat antara permukaan baja dan permukaan aluminium untuk memberikan sifat tahan terhadap pengelupasan lapisan dan juga untuk menghindari terjadinya korosi pada *interface*.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Bantalan batang penghubung terdiri dari *surface layer* (aluminium paduan), *intermediate layer* (Aluminium murni), dan *backing layer* (baja karbon rendah) termasuk jenis bantalan *tri-metal*. Ketebalan dan kekerasan dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10
Ketebalan dan kekerasan pada bantalan batang penghubung

Lapisan	Jenis material	Kondisi baru		Kondisi bekas	
		Ketebalan (mm)	Kekerasan (HV)	Ketebalan (mm)	Kekerasan (HV)
1	Aluminium paduan	0,24	71	0,32	56
2	Aluminium murni	0,048	71	0,05	55
3	Baja karbon rendah	1,192	208	1,13	304

2. Bantalan utama terdiri dari *surface layer* (aluminium paduan), dan *backing layer* (baja karbon rendah) termasuk jenis bantalan *bi-metal*. Ketebalan dan kekerasan dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11
Ketebalan dan kekerasan pada bantalan utama

Lapisan	Jenis material	Kondisi baru		Kondisi bekas	
		Ketebalan (mm)	Kekerasan (HV)	Ketebalan (mm)	Kekerasan (HV)
1	Aluminium paduan	0,24	60	0,26	73
2	Baja karbon rendah	1,192	281	1,735	299

3. Dilihat dari struktur mikro dapat diperkirakan bahwa proses produksi yang dilakukan untuk pembuatan bantalan lancar yaitu dengan proses *roll bonding*.
4. Dari hasil pengujian komposisi kimia pada material *surface layer* dapat diketahui bahawa materialnya adalah aluminium paduan yang mengandung unsur timah (Sn) 8.82%, dan silikon (Si) 3.66%
5. Dari struktur makro maupun mikro dapat diperkirakan proses pembuatan menggunakan *roll bending* aluminium pada baja strip.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tarigan, Bukti. 2013, *Panduan Praktikum Material Teknik*, Teknik Mesin, FT Unpas.
2. ASM Handbook, 1985, *Metallography and Microstructure*, 9th Edition, Volume 9, American Society for Metals International, United States of America.
3. ASM Metal Handbook, *Atlas of Microstructures of Industrial Alloys*, 8th Edition, Volume 7, American Society for Metals, Ohio.
4. Dr. Kopeliovich Dmitri, *Engine bearing materials*, King Engine Bearing Company, United States of America.
5. Machinery Publishing Company, *Bearings and Bearing Metals*, The Industrial Press, 1921.
6. ASM Speciality Hand Book, (1996), *Aluminum and Aluminum Alloys*. Ohio USA : ASM International.
7. <http://irianpoo.blogspot.com/2011/04/bantalan-dan-pengertian.html>, diakses tanggal 17/04/2012.
8. www.suwardi.blogspot.com/teknikmetalografi, diakses tanggal 08/05/2012.
9. http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=engine_bearings, diakses tanggal 23/05/2012
<http://blog.ub.ac.id/veronikakristanti/2011/12/06/baja-dan-paduannya>. Diakses tanggal 28/02/13.