621.8
Sur
P

HIBAH PEKERTI

LAPORAN KEGIATAN TAHUN I

PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR PADUAN KROMIUM DAN TEMBAGA TERHADAP KEKUATAN LELAH BESI COR KELABU

OLEH :
TIM PENELITI PENGUSUL (TPP) :
AGUS SUPRIHANTO, MT
IR. DJOELI SATRIJO, MT
IR. DWI BASUKI WIBOWO, MS

TIM PENELITI MITRA (TPM) :
PROF. DR. IR. H. DHARMAWAN HARSOKOESOEMO
PROF. DR. IR. H. ROCHIM SURATMAN
DR. IR. IGN WIRATMAJA PUJA

Dibiayai Oleh Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional
Sesuai Dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Hibah PEKERTI
Nomor : 311/P4T/DPPM/PHP/IV/2003 Tanggal 25 April 2003

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
NOVEMBER 2003

UPT-PUSTAK-UNDIP
No. Daft: 581/KI/FT/C1
Tgl. : 11 Maret 2004

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN TAHUN I PENELITIAN HIBAH PEKERTI

1. Judul :

   Pengaruh Penambahan Unsur Paduan Kromium dan Tembaga Terhadap Kekuatan Lelah Besi Cor Kelabu

2. Tim Peneliti Pengusul (TPP)
   a. Ketua Peneliti : Agus Suprihanto, ST, MT
   b. Bidang Keahlian : Failure Analysis
   c. NIP/Jabatan : 132 162 550/Penata Muda/IIIA/Asisten Ahli Madya
   d. Alamat Surat : Kampus Teknik Mesin UNDIP Kampus Tembalang Semarang
   e. Telp/Fax : 024-7460059 email : me-undip@idola.net.id

3. Anggota Peneliti TPP

No	Nama	Bidang Keahlian	Alokasi Penugasan	
			Jam/mg	Bulan
1	Ir. Djoeli Satrijo, MT	Stress Analysis	15	8
2	Ir. Dwi Basuki Wibowo, MS	Engineering Design	15	8

4. Ketua Peneliti TPM
   a. Ketua Peneliti : Prof. Dr. Ir. H. Dharmawan Harsokoesoemo
   b. Bidang Keahlian : Engineering Design
   c. NIP/Jabatan : 130 896 200/Guru Besar
   d. Alamat Surat : Engineering Design Center
   Dept. Teknik Mesin Institut Teknologi Bandung Jl. Ganesa No 10
   e. Telp/Fax : 022-2500979

5. Anggota Peneliti TPM

No	Nama	Bidang Keahlian	Alokasi Penugasan	
			Jam/mg	Bulan
1	Prof. Dr. Ir. H. Rochim Suratman	Material Engineering	10	8
2	Dr. IGN Wiratmaja Puja	Mechanical Design	15	8

6. Anggaran yang diajukan untuk tahun I : Rp. 67.000.000,- (Enampuluh tujuh juta rupiah)
   Anggaran yang diajukan untuk tahun II : Rp. 65.000.000,- (Enampuluh lima juta rupiah)

Semarang, 16 Oktober 2003

Ketua Peneliti TPM

Prof. Dr. Ir. H. Darmawan Harsokoesoemo
NIP : 130 896 200

Ketua Peneliti TPP

Agus Suprihanto, ST, MT
NIP : 131 668 484

Menyetujui :

Dekan Fakultas Teknik UNDIP

Ir. Hj. Sri Eko Wahyuni, MS
NIP : 130 898 029

Ketua Lembaga Penelitian UNDIP

Prof. Dr. dr. Ign. Riwanto, SpBd
NIP : 130 525 454

RINGKASAN

Dalam penelitian sebelumnya diketahui bahwa penyebab mudah retaknya tromol bus/truk produk industri kecil adalah rendahnya kekuatan tarik besi cor kelabu yang digunakan. Upaya meningkatkan kekuatan tariknya berhasil dilakukan yaitu dengan menambahkan unsur kromium dan tembaga sampai persentase tertentu. Seperti telah diketahui pada saat beroperasi beban yang bekerja pada tromol rem merupakan beban dinamis. Oleh karena itu perilaku besi cor kelabu yang telah dikembangkan tersebut perlu diteliti. Hal ini dimaksudkan untuk dapat memperkirakan kekuatan tromol rem terhadap kegagalan lelah yang disebabkan oleh beban dinamis.

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian terhadap 4 macam besi cor kelabu dengan komposisi kimia yang berbeda. Material yang diuji adalah *base material* yaitu FC20 dan 3 macam modifikasi komposisi kromium dan tembaga. Besarnya unsur Cr yang ditambahkan adalah 0,23%, 0,32% dan 0,47% dan unsur Cu antara 0,67 sampai 0,7%. Tahap-tahap penelitian dimulai dari pengecoran batang uji, penyiapan spesimen uji dan pengujian. Jenis pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, metalografi, kekerasan, tarik, lelah siklus tinggi dan fraktografi.

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh bahwa struktur mikro 4 besi cor kelabu yang diuji adalah pearlitik dengan tipe grafit VII, distribusi A dan ukurannya 3-5. Dari pengujian sifat mekanik diperoleh terdapat peningkatan kekerasan, kekuatan tarik dan ketahanan lelah yang sangat signifikan antara besi cor kelabu yang dipadu dengan yang tidak. Meskipun demikian ke 3 besi cor kelabu yang dipadu tersebut menunjukkan sifat mekanik yang sama. Peningkatan kekuatan tarik yang diperoleh sebesar 20% yaitu dari 191MPa menjadi 232MPa dan ketahanan lelahnya sebesar 17% yaitu dari 94MPa menjadi 110MPa. Hasil pengujian lelah siklus tinggi yang dilakukan menunjukkan bahwa material yang dipadu selain memiliki ketahanan lelah yang tinggi juga memiliki kekuatan lelah yang lebih tinggi pula.

SUMMARY

In the predescor research its known that easy crack on the brake drum produced by small foundry industry is caused by grey cast iron which used has low tensile strength. The improvement of the tensile strength succesfully done with added Cr and Cu at speciefics percentages. Its known that on the operation, the brake drum subjected to dynamical loading. It is necessary to know the behavior of improving material due dynamical loading. Its can be use to predicted the brake drum from fatigue failure.

In these researches 4 kinds of grey cast irons with different chemical composition have been tested. The material is base material (FC20) and 3 kind material with different percentage of Cr and Cu. The percentages of Cr have been added are 0,23%, 0,32% and 0,47% and Cu between 0,67% until 0,7%. The steps of these research are casting of test bar, specimens preparations and testing. The kinds of testing are chemical compotition testing, metallography testing, hardness testing, tensile testing, high cycle fatigue testing and fractography.

From metallography testing it known that the microstructure of material are pearlitics grey cast iron with type of graphite VII (flake graphite), A distributions and size of graphite 3-5. From mechanical properties testing its known that hardness, tensile strength, endurance strength and fatigue strength of improving material significantly raising. However, 3 modified chemical compotition of grey cast iron not significantly different. The raising of tensile strength is 20% from 191MPa to 132MPa and the raising of endurance strength is 17% from 94MPa to 110MPa.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmatNya, sehingga laporan tahun I penelitian Hibah PEKERTI ini dapat diselesaikan. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian yang dimaksudkan untuk meningkatkan kualitas tromol rem yang diproduksi oleh industri kecil pengecoran logam yang telah dimulai sejak tahun 2001. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kualitas tromol rem produk IKM yang rendah. Hal ini ditunjukkan dengan mudah terjadinya retak pada produk setelah digunakan selama ± 3 bulan.

Pada penelitian pertama telah berhasil diidentifikasi penyebabnya yaitu kekuatan besi cor kelabu yang digunakan sangat rendah. Penelitian selanjutnya ditujukan untuk memperbaiki disain, material dan proses produksinya. Pada penelitian ini telah berhasil diperoleh komposisi material besi cor kelabu yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Peningkatan tersebut diperoleh dengan menambahkan unsur kromium dan tembaga sampai persentase tertentu. Hal ini tentunya sangat menjanjikan untuk segera diimplementasikan di industri kecil pengecoran. Meskipun demikian tim peneliti memerlukan informasi mengenai kekuatan lelah material yang telah dimodifikasi tersebut.

Pada penelitian sekarang ini, perilaku material yang telah dimodifikasi terhadap beban dinamis telah diteliti. Pengujian yang dilakukan pada tahun I adalah dengan pengujian lelah siklus tinggi menggunakan *rotating bending machine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selain material yang dikembangkan memiliki kekuatan tarik yang tinggi juga memiliki ketahanan lelah (endurance strength) yang tinggi pula. Meskipun hasil penelitian ini telah mampu memberikan gambaran tentang kekuatan lelahnya, tetapi hal ini dirasa masih belum lengkap. Untuk melengkapi hasil penelitian tahun I ini, tim peneliti mengajukan usul penelitian tahun II yang ditujukan untuk mengetahui kekuatan lelah dengan pengujian lelah siklus rendah. Dengan data yang lengkap ini, diharapkan kegagalan tromol rem akibat lelah dapat diperkirakan dengan lebih baik.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada beberapa pihak yang telah turut membantu penelitian ini. Penghargaan dan terima kasih kami sampaikan kepada pimpinan dan karyawan PT Suyuti Sido Maju, teknisi Lab. Proses Produksi dan CNC-CAD/CAM Jurusan Teknik Mesin UNDIP, teknisi dan karyawan Lab. Logam dan Lab. Pusat Perancangan Teknik Jurusan Teknik Mesin ITB, Staf dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin UNDIP dan ITB, Dekan dan pimpinan serta karyawan Fakultas Teknik UNDIP, Ketua Lembaga Penelitian UNDIP dan pihak-pihak yang tidak dapat kami sebut satu persatu. Semoga hasil-hasil jerih payah peneliti selama ini dapat memberikan sumbangan yang nyata bagi bangsa dan negara tercinta Indonesia.

Semarang, 10 November 2003
Atas nama Tim Peneliti
Ketua Tim Peneliti Pengusul (TPP)

Agus Suprihanto, ST, MT
NIP : 132 162 550

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ukuran Grafit 11

Tabel 2. Nilai ekspansi termal besi cor 21

Tabel 3. Efek penambahan alloy terhadap kekuatan tarik 24

Tabel 4 Penggambaran pengaruh mangan 34

Tabel 5. Pengaruh fosfor dan grafit 35

Tabel 6. Kesebandingan pengaruh unsur dengan pengaruh silikon 36

Tabel 7 Efek silikon terhadap pemanasan/pendinginan 38

Tabel 8. Pengaruh struktur mikro terhadap harga K_{IC} 40

Tabel 9. Jumlah spesimen minimum dan replikasi 51

Tabel 13. Hasil pengujian komposisi kimia 67

Tabel 14. Hasil pengujian kekerasan *base material* 73

Tabel 15. Hasil pengujian kekerasan campuran II 73

Tabel 16. Hasil pengujian kekerasan campuran IV 74

Tabel 17. Hasil pengujian kekerasan campuran V 74

Tabel 18. Hasil uji tarik 75

Tabel 19. Hasil penimbangan blok pemberat 76

Tabel 20. Hasil pengujian lelah siklus tinggi *base material* 77

Tabel 21. Hasil pengujian lelah siklus tinggi campuran II 77

Tabel 22. Hasil pengujian lelah siklus tinggi campuran IV 78

Tabel 23. Hasil pengujian lelah siklus tinggi campuran V 78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Fasa Fe-C 9

Gambar 2. Klasifikasi besi cor 10

Gambar 3. Tipe grafit besi cor 11

Gambar 4. distribusi grafit serpih 11

Gambar 5. Pengaruh bentuk grafit terhadap uji tarik 12

Gambar 6. Pengaruh panjang grafit terhadap kekuatan tarik 12

Gambar 7. Pengaruh ketebalan coran terhadap kekuatan tarik dan kekerasan besi cor 13

Gambar 8. Pengaruh inokulasi terhadap kekuatan tarik besi cor 14

Gambar 9. Pengaruh nilai karbon ekivalen (CE) terhadap kekuatan tarik 15

Gambar 10. Struktur grafit Widmanstatten 17

Gambar 11 Diagram Kesetimbangan Besi-Karbon 18

Gambar 12. Struktur besi cor pada beberapa keadaan temperatur dan kadar karbon 19

Gambar 13. Mampu keras besi cor kelabu 20

Gambar 14. Kelarutan karbon dalam besi cor 21

Gambar 15. Hubungan kekuatan tarik dgn nilai CE dan diameter batang uji 22

Gambar 16. Variasi kekuatan besi cor dengan diameter batang uji 23

Gambar 17. Pengaruh ukuran bagian dan nilai CE terhadap struktur mikro 23

Gambar 18 Unsur-unsur dari alloy besi-nikel-silikon dengan 3.5 persen karbon 30

Gambar 19. Percobaan Jominy *end-quench* pada batang uji besi cor nodular ∅25mm 31

Gambar 20. Efek silikon dan nikel terhadap konduktivitas termal pada matrik ferritik 31

Gambar 21 Grafit mesh yang disebabkan oleh adanya tellurium (dietsa 4% picral, x 66) 32

Gambar 22 Grafit mesh yang disebabkan oleh adanya tellurium (dietsa 4% pictral,x 66) 32

Gambar 23. Efek silikon terhadap transformasi 33

Gambar 24. Alur proses perancangan 41

Gambar 25. Kurva tegangan vs regangan hasil pengujian tarik bahan ulet 43

Gambar 26. Elemen tegangan 44

Gambar 27. Lingkaran Mohr 45

Gambar 28. Perbandingan TTNM, TTGM dan TED 46

Gambar 29. Tipe-tipe beban yang berfluktuasi terhadap waktu 47

Gambar 30. Poros yang patah akibat lelah 48

Gambar 31. Diagram tegangan vs jumlah siklus 48
Gambar 32. Hasil pengujian lelah yang didasarkan pada amplitudo regangan 50
Gambar 33. Contoh bentuk spesimen uji lelah RR Moore (dimensi dalam mm) 50
Gambar 34. Batas ketahanan lelah dengan kekuatan tarik 52
Gambar 35. Beberapa diagram kriteria lelah 53
Gambar 37. Bentuk dan distribusi grafit *base material* (100X) 69
Gambar 38. Bentuk dan distribusi grafit campuran II (100X) 69
Gambar 39. Bentuk dan distribusi grafit campuran IV (100X) 70
Gambar 40. Bentuk dan distribusi grafit campuran V (100X) 70
Gambar 41. Struktur mikro *base material*, matrik pearlit 98% (etsa nital 5%, 100X) 71
Gambar 42. Struktur mikro campuran II, matrik pearlit 95% (etsa nital 5%, 100X) 71
Gambar 44. Struktur mikro campuran V, matrik pearlit 98% (etsa nital 5%, 100X) 72
Gambar 45. Kurva S-N untuk *base material* 79
Gambar 46. Kurva S-N untuk material campuran II 79
Gambar 47. Kurva S-N untuk material campuran IV 80
Gambar 48. Kurva S-N untuk material campuran V 80
Gambar 49. Kurva S-N untuk *base material* beserta batas atas dan bawah untuk selang kepercayaan 95% 81
Gambar 50. Kurva S-N untuk material campuran II beserta batas atas dan bawah untuk selang kepercayaan 95% 82
Gambar 51. Kurva S-N untuk material campuran IV beserta batas atas dan bawah untuk selang kepercayaan 95% 82
Gambar 52. Kurva S-N untuk material campuran IV beserta batas atas dan bawah untuk selang kepercayaan 95% 83
Gambar 53. Perbandingan kurva S-N untuk seluruh besi cor 84
Gambar 54. Permukaan retak spesimen uji lelah *base material* 85
Gambar 55. Permukaan retak spesimen uji lelah campuran II 86
Gambar 56. Permukaan retak spesimen uji lelah campuran IV 86
Gambar 57. Permukaan retak spesimen uji lelah campuran V 87
Gambar 58. Skema Tahapan Kegiatan Penelitian yang Diusulkan 91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Artikel Ilmiah Hasil Penelitian

Lampiran 2. Tindak lanjut terhadap penilaian/komentar tim monitoring dan evaluasi

Lampiran 3. Curiculum vitae tim peneliti

I. PENDAHULUAN

Sebagai angkutan penumpang dan barang yang terpenting, jumlah bus dan truk setiap tahun meningkat rata-rata 5,6%. Data dari BPS tahun 1998 menunjukkan jumlah alat transportasi ini mencapai 2,2 juta kendaraan. Seiring dengan itu, permintaan suku cadangnya meningkat pula. Peningkatan ini terutama berasal dari suku cadang yang sering memerlukan penggantian salah satunya adalah tromol rem.

Tromol rem bus/truk ini telah dapat dihasilkan oleh industri lokal. Produk lokal berasal dari industri besar dan kecil-menengah. Kualitas produk dari industri besar lebih baik daripada produk industri kecil-menengah. Hal ini disebabkan karena produk industri besar dibuat berdasarkan lisensi, sehingga kualitasnya mendekati produk impor. Kualitas tromol rem ini salah satunya ditandai dengan umur pemakaiannya. Untuk produk impor dan lisensi lazimnya memiliki umur pakai sampai 2 tahun. Sedangkan untuk produk dari industri kecil-menengah hanya umur pakainya beberapa bulan saja.

Pada saat awal krisis moneter melanda Indonesia, nilai tukar rupiah terhadap dollar amerika melemah. Hal tersebut menyebabkan harga-harga produk impor maupun produk-produk lokal yang kandungan impornya tinggi harganya melambung tinggi. Akibat melambungnya harga tersebut, banyak konsumen yang mulai beralih ke produk lokal terutama produk dari industri kecil-menengah. Hal ini tentunya meningkatkan omset penjualan bagi industri kecil-menengah bersangkutan. Tetapi sejalan dengan mulai stabilnya perekonomian dan nilai tukar rupiah terhadap dollar amerika pada beberapa tahun terakhir ini, menyebabkan produk impor dan produk lokal yang kandungan impornya tinggi harganya mulai terjangkau kembali oleh sebagian besar konsumen dalam negeri. Hal ini menyebabkan peluang pasar bagi produk industri kecil-menengah kembali menurun drastis.

Apabila diperhatikan, tromol rem produk impor dan lisensi biasanya diganti karena telah aus sampai batas tertentu. Sedangkan produk industri kecil-menengah karena sebab-sebab lain seperti terjadi retak. Contoh kasus yang ditemui adalah produk dari salah satu industri kecil pengecoran di Ceper Klaten Jawa Tengah, dimana umur pakai produknya berkisar 3bulan karena sering terjadi retakan pada beberapa bagian. Pada beberapa kasus, retak tersebut tidak sampai menyebabkan tromol rem tersebut pecah dan biasanya terdeteksi pada saat perawatan rutin terhadap sistem rem. Pada beberapa kasus lainnya tromol rem tersebut pecah pada saat dioperasikan. Tentunya hal ini sangat membahayakan bagi kendaraan dan penumpangnya.

UPT-PUSTAK UNDIP

Dilihat dari jumlah kendaraan bus/truk ini setiap tahun mengalami pertambahan, tentunya hal ini membuka peluang pasar yang besar untuk penyediaan suku cadangnya. Apabila peluang ini mampu dimanfaatkan, maka dapat memberikan peluang usaha yang menguntungkan. Sebagai ilustrasi dapat diberikan disini adalah harga tromol rem produk impor yang mencapai 2,5 juta rupiah sementara harga produk industri kecil-menengah 600 ribu rupiah. Harga yang murah ini tidaklah semata-mata faktor penentu dalam merebut konsumen. Kualitas produk yang tinggi dan harga yang terjangkau merupakan faktor penentu dalam merebut konsumen. Karena disadari bahwa kualitas yang rendah ini tentunya sangat membahayakan operasi dari kendaraan. Bahkan dari data-data yang ada seringkali kecelakaan yang merengut harta dan jiwa disebabkan oleh sistem rem yang tidak berfungsi dengan baik. Oleh karena itu mengingat pentingnya fungsi rem ini, maka komponen-komponen yang dipergunakan haruslah memiliki kualitas yang tinggi sehingga dapat dijamin kehandalannya.

Nilai ekonomi untuk tromol rem ini apabila diperhitungkan memiliki nilai yang sangat besar. Ilustrasi berikut ini memperlihatkan perhitungan nilai ekonomi dari tromol rem bus/truk. Dengan mengasumsikan jumlah tromol rem untuk tiap bus/truk sebanyak 4 buah, maka apabila menggunakan produk impor yang umur pakainya 2 tahun, maka tiap tahun rata-rata membutuhkan 2 buah tromol rem. Apabila harga tromol rem impor sebesar 2 juta rupiah, maka dibutuhkan dana untuk pembelian tromol rem sebesar 4juta rupiah/tahun. Apabila mengacu pada data BPS tahun 1998 yang menyebutkan jumlah kendaraan bus/truk sebanyak 2,2 juta kendaraan, maka, biaya yang dibutuhkan untuk pembelian tromol rem impor ini pertahunnya sebanyak 8,8 trilyun rupiah. Dengan mengasumsikan nilai tukar rupiah terhadap *US dollar* sebesar 8500 rupiah/*US dollar*, maka untuk kepentingan penggantian tromol rem bus/truk akan menyedot devisa 100 juta *US dollar* lebih tiap tahunnya.

Nilai ekonomis yang tinggi tersebut tentunya sangat menarik untuk dimanfaatkan. Faktor inilah yang mungkin mendasari beberapa investor dalam negeri menanamkan investasinya untuk pembuatan produk tromol rem. Meskipun demikian karena produk yang dibuat didasarkan atas lisensi, maka hal inipun masih menyedot devisa yang lumayan besar. Hal ini terjadi karena untuk-untuk produk lisensi, terdapat komponen biaya royalti yang dibayarkan ke pemberi lisensi dan terkadang bahan baku dan teknologinya harus juga mengambil dari pemberi lisensinya. Meskipun dengan cara ini mampu menghemat devisa, tetapi ketergantungan terhadap produk luar negeri tetap saja tinggi.

Memperhatikan nilai ekonomi dan pentingnya fungsi tromol rem tersebut, maka perlu diupayakan memperbaiki kualitas tromol rem produk industri kecil-menengah. Usaha ini apabila berhasil selain mampu mendorong perkembangan dan ketahanan industri nasional, juga mampu menghemat devisa dan mengurangi ketergantungan terhadap produl-produk impor. Usaha ini tentunya tidaklah mudah karena umumnya industri kecil-menengah tidak memiliki sumber daya manusia dan peralatan yang mendukung upaya-upaya pengembangan produknya. Sementara itu institusi-institusi pemerintah seperti lembaga penelitian dan perguruan tinggi yang memiliki sumber daya manusia dan peralatan yang mendukung terkadang tidak mengetahui kesulitan tersebut. Hal ini sangatlah wajar karena antara kalangan industri kecil-menengah dan institusi-institusi tersebut belum terjalin komunikasi yang baik.

Merujuk pada thesis program Magister Teknik Mesin ITB tahun 2001 yang berjudul Identifikasi Penyebab Retak Tromol Rem Bus/Truk Produk PT SSM, diketahui bahwa penyebab mudahnya timbul retak tromol rem produk PT SSM yang merupakan salah satu industri kecil pengecoran logam yang berada di Ceper Klaten Jawa Tengah material besi cor kelabu yang digunakan tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Apabila dibandingkan dengan material tromol rem produk impor dan lisensi, material besi cor kelabu yang digunakan pada produk industri kecil ini kekuatannya sangat rendah.

Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas tersebut antara lain dengan memperbaiki disain, material dan proses pengecorannya. Upaya tersebut diusulkan pada program Riset Unggulan Kemitraan dari Kementrian Riset dan Teknologi dengan judul usul penelitian Pengembangan Disain, Material dan Proses Produksi Tromol Rem Bus/Truk Produk Lokal untuk Meningkatkan Kualitas dan Daya Saing. Penelitian yang diusulkan tersebut berhasil memperoleh pendanaan selama 2 tahun yaitu mulai tahun 2001 s/d 2002. Tim yang melaksanakan penelitian tersebut adalah peneliti dari Lab. Perancangan dan Lab. Logam ITB, Peneliti dari industri mitra yaitu PT Suyuti Sido Maju yang terletak di Ceper Jawa Tengah, peneliti dari MIDC Bandung dan peneliti dari UNDIP.

Dari data-data penelitian yang telah diperoleh, penyebab mudah retaknya tromol rem produk lokal tersebut adalah rendahnya kekuatan tarik material. Kekuatan tarik material besi cor kelabu dipengaruhi oleh struktur mikronya yaitu bentuk, distribusi dan ukuran grafit dan fasa matriknya. Keberadaan grafit meskipun dapat dianggap sebagai sumber-sumber retak awal yang akan merambat apabila komponen tersebut menerima beban luar. Meskipun demikian untuk

pemakaian sebagai suatu elemen yang bergesekan, keberadaan grafit sangat menguntungkan karena mampu bertindak sebagai pelumas, media perpindahan panas yang baik, penyerap getaran dan bertindak sebagai lapisan *anti welding*. Alasan terakhir ini merupakan salah satu kriteria terpenting dipertahankannya besi cor kelabu sebagai material tromol rem. Besi cor kelabu yang disarankan untuk pemakaian sebagai tromol rem bus/truk menurut SAE dalam standar J431 adalah besi cor kelabu pearlitik kelas G3500 dengan bentuk grafit tipe VII (*flake grafite*), distribusi A dan ukuran grafitnya 3-5 dan bila terdapat fasa ferrit atau karbida bebas jumlahnya tidak boleh melebihi 5%.

Struktur mikro besi cor kelabu dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain unsur paduan dan laju pendinginannya. Laju pendinginan yang sangat cepat akan menghasilkan struktur mikro yang tidak baik. Hal ini ditunjukkan dengan distribusi grafitnya cenderung berbentuk B dan D dan fasa matriknya mengandung lebih banyak sementit yang keras dan getas. Struktur mikro seperti ini tidak direkomendasikan untuk besi cor kelabu yang digunakan untuk tromol rem. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju pendinginan tersebut adalah disain cetakan dan proses pengecorannya.

Usaha lain untuk memperoleh struktur mikro yang sesuai adalah dengan menambahkan unsur paduan. Untuk meningkatkan kekuatan tarik, lazimnya ditambahkan unsur paduan yang berfungsi sebagai *carbide promoteur* misalnya kromium dan tembaga. Meskipun demikian penambahan unsur paduan tersebut harus dilakukan dalam jumlah tertentu dan terbatas. Penambahan unsur paduan dalam jumlah yang tidak tepat malahan dapat menurunkan sifat mekanis besi cor kelabu.

Memperhatikan dimensi tromol rem yang sudah tertentu, usaha pengembangan material lebih dititik beratkan pada penambahan unsur paduan. Meskipun demikian evaluasi terhadap berbagai disain cetakan dan simulasi proses pengecoran tetap dilakukan. Upaya tersebut dimaksudkan untuk mengetahui kemungkinan-kemungkinan timbulnya cacat pengecoran, tempat-tempat terjadinya tegangan sisa dan kecepatan laju pendinginannya.

Didasarkan dari hasil evaluasi terhadap disain cetakan dan simulasi proses pengecoran, pengaturan penambahan unsur paduan dapat dilakukan. Usaha pengembangan ini telah membuahkan hasil yaitu dengan telah diperolehnya besi cor kelabu yang memiliki kekuatan tarik yang mampu menyamai kekuatan tarik besi cor kelabu yang digunakan untuk tromol rem produk

impor. Unsur paduan yang digunakan adalah kromium (Cr) dan Tembaga (Cu) yang ditambahkan pada material dasar sampai persentase tertentu.

Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut tentunya sangat menjanjikan perbaikan kualitas tromol rem produk lokal. Meskipun demikian, tim peneliti berpendapat bahwa masih terdapat satu faktor lagi yaitu data kekuatan lelah material besi cor tersebut. Pendapat ini didasari oleh kenyataan bahwa tromol rem tersebut lebih banyak menerima beban dinamis baik berupa gaya dan momen akibat pengereman maupun tegangan termal (*thermal stress*) yang timbul sebagai konsekuensi adanya gesekan.

Agar dapat diupayakan prediksi kegagalan material besi cor tersebut, tentunya tidak hanya kekuatan tarik saja yang diperlukan, tetapi sangat diperlukan pula data yang akurat tentang kekuatan lelahnya. Sayangnya, penelitian tentang sifat ketahanan material akibat beban dinamis belum tercakup pada penelitian diatas. Oleh karena itu pada Hibah PEKERTI ini diusulkan suatu penelitian yang mempelajari pengaruh penambahan unsur kromium (Cr) dan tembaga (Cu) terhadap kekuatan lelah besi cor.

II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KE-I

Tujuan penelitian tahun I adalah mengetahui pengaruh penambahan unsur kromium dan tembaga pada besi cor terhadap kekuatan lelah siklus tinggi dan memperoleh kurva tegangan vs jumlah siklus (*S-N Curve*). Material besi cor yang diteliti kekuatan lelahnya ini adalah material hasil pengembangan penelitian sebelumnya yang akan digunakan pada pembuatan tromol rem bus/truk.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian tahun I ini adalah data kekuatan lelah yang diperoleh dapat digunakan untuk perhitungan keamanan tromol rem bus/truk terhadap kegagalan lelah. Dengan demikian akan mampu dihasilkan suatu disain tromol rem yang memiliki kualitas tinggi. Hal ini dapat dimungkinkan karena estimasi terhadap umur lelah disain tromol rem tersebut dapat dilakukan dengan baik

UPT-PUSTAK-UNDIP