

Peningkatan Kualitas Produk Cor Aluminium Paduan Untuk Komponen Otomotif

I Nyoman Jujur

Pusat Teknologi Material, BPPT

BPPT II Lt.22, Jl. M. H. Thamrin no. 8, Jakarta 10340

E-mail : inj@webmail.bppt.go.id

Abstrak

Aluminium merupakan logam nonferro yang mempunyai berat jenis rendah ($2,7 \text{ g/cm}^3$), akhir-akhir ini banyak digunakan sebagai material komponen engine karena menghasilkan engine dengan daya spesifik yang jauh lebih besar dibandingkan engine berbahan ferro. Akan tetapi, Aluminium dan Aluminium paduan adalah material yang mudah terkontaminasi gas Hidrogen sehingga menyebabkan cacat produk seperti porositas, dan mempunyai nilai penyusutan yang tinggi sehingga mudah menimbulkan retak produk cor. Riset sebelumnya membahas pengaruh degassing terhadap perubahan struktur mikro dan kekuatan mekanis Aluminium paduan telah menghasilkan teknologi pemurnian Aluminium cair sehingga cacat porositas karena kontaminasi gas H_2 bisa dihilangkan. Riset ini dilakukan menggunakan sistem gravity casting dalam pembuatan silinder head engine 500cc dua silinder berbahan Aluminium paduan AC4B, sebagai salah satu kegiatan untuk menghasilkan teknologi produksi material dalam RUSNAS Pengembangan Engine Aluminium Paduan. Optimasi variasi bentuk casting lay-out mampu mengurangi porositas pada proses solidifikasi namun belum mampu mengilangkannya. Untuk itu diperlukan analisis lanjutan terhadap produk cor khususnya faktor penyusutan, tindak lanjut hasil analisis ini mampu memberikan perubahan signifikan terhadap cacat coran sehingga silinder head lolos test hidrostatis dan tidak bocor pada saat engine mengalami pengujian unjuk kerja di dyno test.

Kata kunci: Aluminium paduan AC4B, silinder head, gravity casting, casting lay-out.

1. Pendahuluan

Akhir-akhir ini material Aluminium paduan banyak digunakan pada komponen engine mobil karena merupakan logam nonferro yang mempunyai berat jenis rendah sehingga mampu menghasilkan engine dengan daya spesifik yang jauh lebih besar dibandingkan material ferro. Akan tetapi, Aluminium dan Aluminium paduan pada kondisi cair mudah terkontaminasi gas Hidrogen sehingga menyebabkan cacat produk seperti porositas, dan mempunyai nilai penyusutan yang tinggi sehingga mudah mengundang retakan produk^[1-4].

Komponen engine mobil yang bentuknya kompleks seperti silinder head harus terbuat dari material padat karena beberapa bagian bentuknya tipis yang membatasi ruang pendingin air (*water jacket*) dan pelumas oli. Saat ini di industri pembuatan komponen engine khususnya Agen Tunggal Pemegang Merk (ATPM), silinder head mobil berbahan Aluminium paduan dibuat dengan teknologi pengecoran *low pressure casting*, akan tetapi teknologi ini hanya cocok untuk tahapan produksi masal karena memerlukan biaya investasi yang tinggi. Riset Unggulan Strategis Nasional (RUSNAS) Pengembangan Engine Aluminium Paduan dalam rangka pembuatan prototipe engine menggunakan teknologi *gravity casting* untuk pembuatan silinder head engine gasoline 500 cc dua silinder, teknologi ini relatif lebih murah dan mudah dilakukan modifikasi.

Pola kayu silinder head sudah mampu dibuat oleh industri kecil lokal yang berada di Bandung yang sudah berpengalaman dalam pembuatan pola untuk engine diesel lokal. *Casting lay-out* untuk menentukan posisi dan dimensi gating sistem, riser dan sebagainya dilakukan dengan bantuan simulasi software casting. Pembuatan cetakan pasir dilakukan dengan melibatkan tenaga ahli lokal melalui pemilihan binder dan katalis yang tepat^[1].

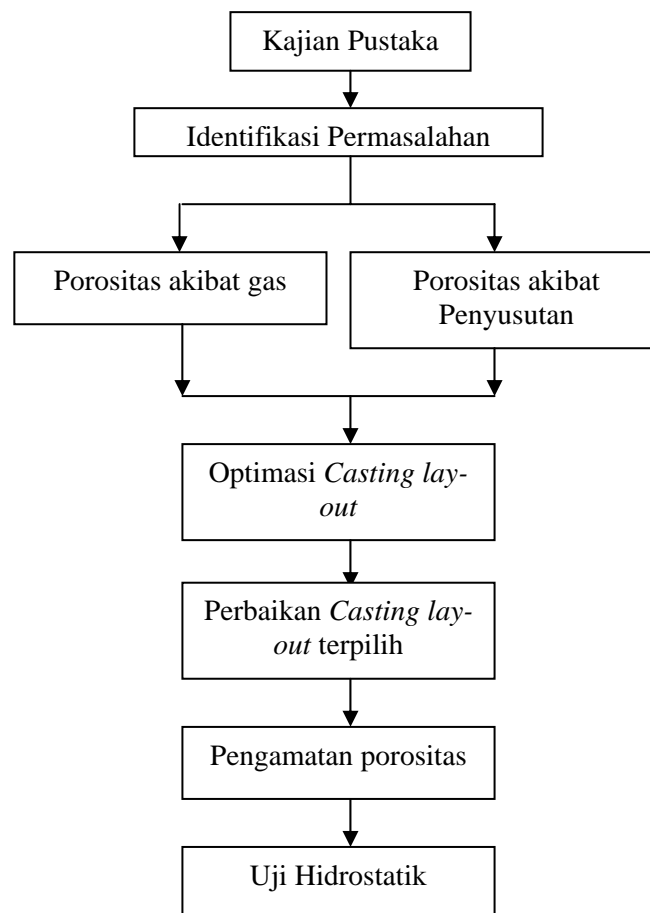
Pengecoran awal dilakukan di IKM logam yang ada di daerah Cimindi-Bandung, akan tetapi karena sarana prasarana pemurnian logam belum mencukupi maka kepadatan material silinder head masih kurang, namun silinder head yang dihasilkan mampu menghasilkan engine untuk prototipe I hingga *first firing*^[1]. Kegiatan pengecoran berikutnya mendapat bantuan dari PT. Wijaya Karya (Wika) Intrade di Jatiwangi-Cirebon yang mempunyai sarana prasarana pemurnian Aluminium paduan lengkap, namun karena industri tersebut sudah tidak menggunakan teknologi cetakan pasir dengan

pola kayu maka yang dimanfaatkan hanya fasilitas pemurniannya saja. Silinder head yang dibuat di PT. Wika jauh lebih baik dibandingkan yang dibuat di IKM logam. Akan tetapi pada saat dilakukan pengujian unjuk kerja engine dalam jangka waktu yang lama di dyno test untuk menentukan performance engine, silinder head engine mengalami kebocoran^[5].

Tahapan riset lapangan kerjasama dengan industri non ferrous lokal yang berpengalaman merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menghasilkan silinder head yang lolos tahapan test hidrostatis dan tidak mengalami kebocoran pada pengujian unjuk kerja engine.

2. Metodologi

Riset ini dilakukan melalui kerjasama dengan salah satu industri pengecoran logam nonferro PT. Adi Metal Gussindo-Tangerang pada bulan Februari 2006. Identifikasi permasalahan tentang keros produk cor dan optimasi teknologi pengecoran dilakukan bersama dengan tenaga ahli pengecoran industri tersebut. Gambar 1 memperlihatkan skematis diagram alir penelitian.



Gambar 1. Skematis diagram alir penelitian

a) Material dan jenis komponen

Material yang digunakan adalah Aluminium paduan AC4B dengan komposisi seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi paduan AC4B

Cu	Mg	Si	Fe	Mn	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti	Cr	Al
2.54	0.14	8.75	0.86	0.14	0.06	0.85	0.11	0.04	0.03	0.02	Sisa

Jenis komponen yang dibuat adalah silinder head engine gasoline 2 silinder dengan volume silinder total 500cc, menggunakan pendingin air.

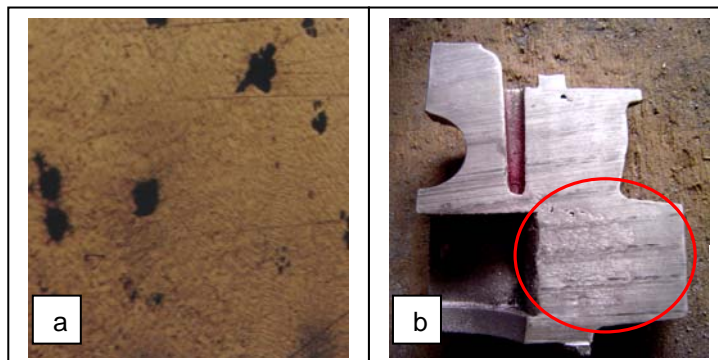
- b) Pengamatan permasalahan
Pengamatan porositas yang diduga akibat gas dilakukan pada potongan produk cor silinder head dan akibat penyusutan dilakukan dengan *dye penetrant*.
- c) Optimasi *casting lay-out*
Optimasi *casting lay-out* dilakukan dengan mevariasikan letak *sprue*, *riser*, *runner* dan *gating*. *Casting lay-out* telah divariasikan menjadi 6 buah alternatif dengan pertimbangan sebagai berikut:
Opsi 1, *Runner* dan *gating* berada di cetakan bawah
Opsi 2, *Runner* dan *gating* berada di cetakan atas
Opsi 3, Pembuatan *riser* atas, *runner* baru, *gating* baru. *Runner* dan *gating* berada di cetakan bawah
Opsi 4, Sama dengan opsi 3, *runner* dan *gating* berada di cetakan atas
Opsi 5, Pembuatan *riser* samping, *runner* dan *gating* berada di cetakan bawah
Opsi 6, Sama dengan opsi 5, *runner* dan *gating* berada di cetakan atas
- d) Perbaikan *casting lay-out* terpilih
Perbaikan dilakukan pada cetakan pasir menindaklanjuti permasalahan yang ditemukan pada optimasi *casting lay-out*, setelah ditentukan opsi *casting lay-out* terpilih.
- e) Pengamatan porositas
Pengamatan dilakukan dengan *dye penetrant* dan pemotongan.
- f) Uji hidrostatis
Uji hidrostatis dilakukan menggunakan peralatan yang dibuat khusus untuk uji kebocoran produk cor silinder head, dilakukan pada tekanan 3 bar selama 15 menit.

3. Hasil dan Pembahasan

Jenis Porositas

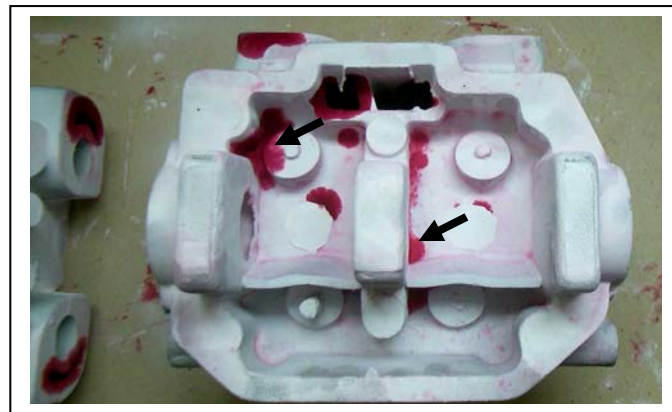
Berdasarkan hasil pemotongan dan pengamatan mikroskop optik struktur mikro seperti pada gambar 1, terlihat bahwa porositas yang disebabkan oleh gas-gas yang terjebak di dalam logam cair. Gas yang terjebak tersebut menimbulkan void-void di dalam struktur mikro dalam bentuk cenderung bulat (gambar 1a). Porositas tersebut berada pada posisi yang berhubungan dengan dinding daerah pendingin (*water jacket*) seperti terlihat pada gambar 1b. Apabila dilakukan proses permesinan di tempat tersebut untuk lubang *stud bolt* silinder head, maka akan menyebabkan kebocoran.

Letak porositas seperti terlihat pada gambar 1 menunjukkan adanya pengaruh gas-gas yang terjebak di dalam inti pasir keluar ke logam cair, gas-gas tersebut tidak punya kesempatan untuk mengalir/dialirkan keluar produk.



Gambar 1. Struktur mikro porositas dan posisi porositas

Porositas yang lainnya seperti terlihat pada gambar 2, merupakan hasil pengamatan uji *dye penetrant*. Lokasi berwarna merah berarti di daerah tersebut terjadi kebocoran, seperti terlihat pada gambar, warna merah banyak berada pada daerah sudut (tanda panah). Apabila dilakukan uji test kebocoran menggunakan air bertekanan maka akan terlihat kebocoran pada daerah –daerah sudut tersebut. Keropos yang terdapat di daerah sudut disebabkan karena adanya retakan akibat nilai penyusutan yang besar material Aluminium paduan pada saat proses solidifikasi. Retakan pada daerah sudut lebih mudah terjadi apabila daerah tersebut merupakan perpaduan antara dua area yang mempunyai perbedaan ketebalan yang besar. Nilai penyusutan besar Aluminium paduan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada daerah sudut akibat panas, sehingga menimbulkan retakan/sobekan.



Gambar 2. Struktur mikro porositas dan posisi porositas

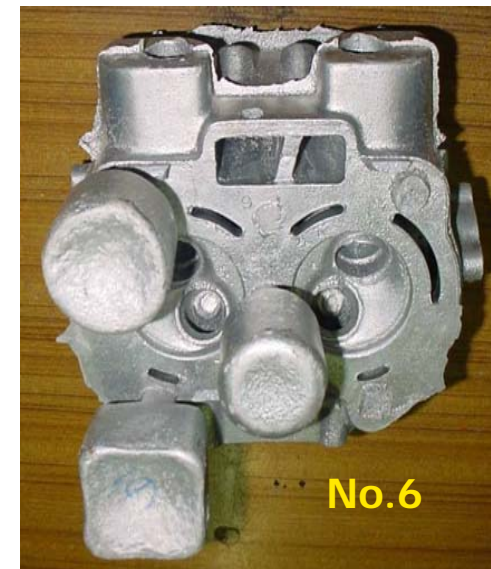
Optimasi Casting lay-out

Porositas yang disebabkan oleh gas-gas yang terjebak akibat karakteristik logam cair Aluminium paduan yang mudah menyerap gas sudah diatasi dengan beberapa cara^[2-5]. Kontaminan gas seperti H₂ di dalam Aluminium paduan cair sudah dihilangkan dengan proses degassing yaitu menggunakan gas N₂ selama 1 jam pada temperatur 720 °C. Sedangkan gas-gas yang diduga berasal dari inti pasir pada saat penguangan dan solidifikasi dihilangkan melalui pemanasan inti pasir di dalam dapur pada temperatur 200 °C selama 15 menit sebelum diassembling. Walaupun sudah dilakukan pemanasan inti pasir, belum sepenuhnya menghilangkan kontaminan gas didalamnya, dari pengamatan hasil potongan masih terlihat adanya porositas. Untuk itu diperlukan cara agar daerah porositas tersebut mampu dipindahkan keluar produk cor dengan penambahan riser.

Gambar 3 memperlihatkan foto sesaat setelah pembersihan pasir 6 produk cor silinder head opsi *casting lay-out*. Hasil pengamatan secara visual produk cor silinder head memperlihatkan bahwa kondisi terbaik terjadi pada opsi 2. Sedangkan runner atau gating sistem yang diletakkan pada daerah dekat *dome* ruang bakar (opsi 3, 4, 5 dan 6) mengalami krops dan cacat coran lainnya.

Hasil uji dengan *dye penetrant* terhadap produk cor hasil opsi 2 memperlihatkan hanya 2 dari 8 yang tidak bocor. Hasil pengamatan terhadap potongan memperlihatkan adanya bagian masih krops walaupun posisinya sudah berubah dibandingkan produk sebelumnya.

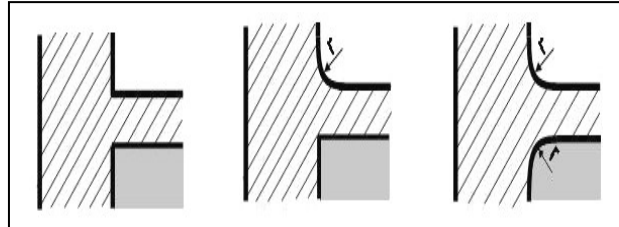
Setelah dilakukan proses permesinan terhadap silinder head yang tidak bocor dan dilakukan test hidrostatis setelah proses permesinan, hasilnya adalah tidak ada kebocoran air pada tekanan 3 bar selama 15 menit. Silinder head tersebut diassembling untuk menghasilkan prototipe pengujian di dyno test, selama proses pengujian (hingga 30 jam) belum ditemukan kebocoran pada silinder head.



Gambar 6. Variasi Casting Lay-out

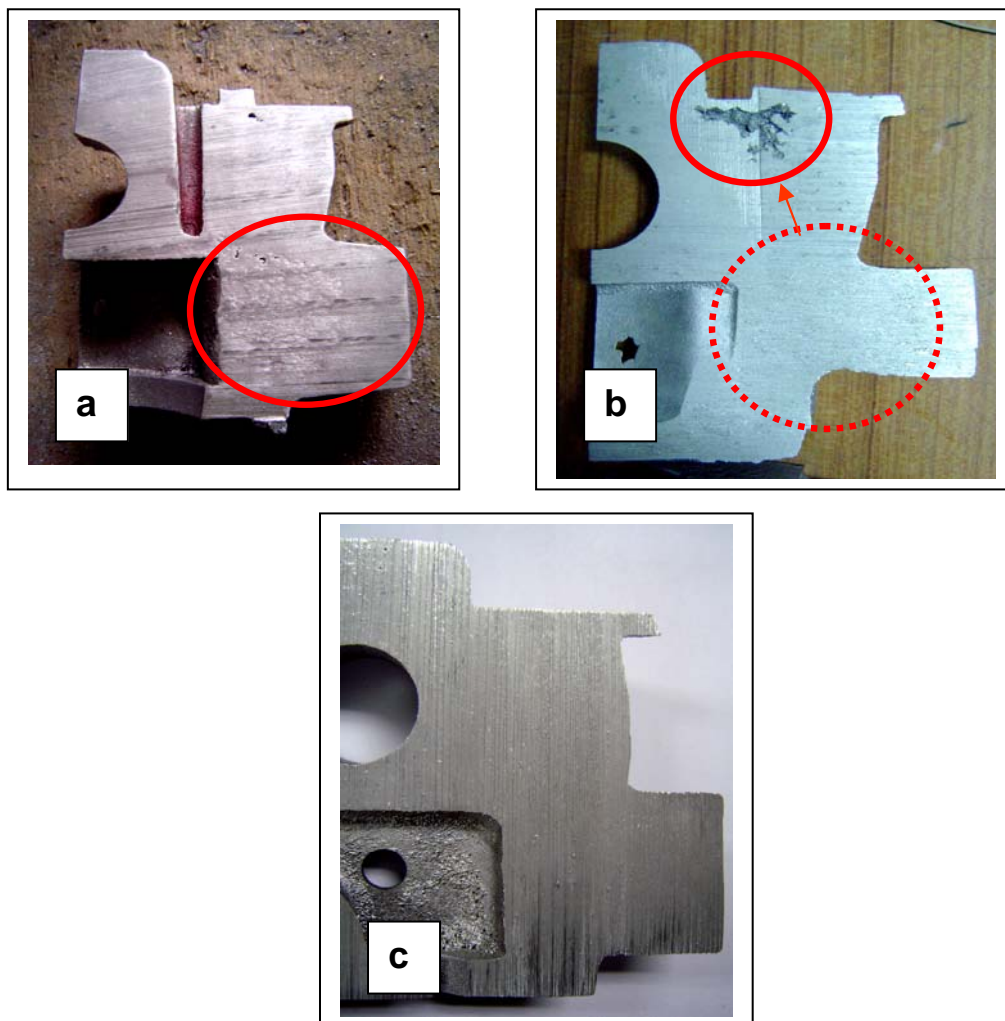
Perbaikan casting lay-out

Perbaikan dilakukan terhadap opsi casting lay-out terpilih (opsi 2). Analisis terhadap porositas yang diamati berdasarkan pengamatan *dye penetrant* adalah porositas akibat retakan penyusutan pada daerah sudut. Perbaikan yang dilakukan adalah memperbesar radius (r) pada daerah sudut seperti terlihat pada gambar 7, melalui perubahan cetakan pasir.



Gambar 7. Penambahan radius (r) pada daerah sudut

Sedangkan posisi porositas akibat gas terjebak dialirkan ke luar bagian produk menuju riser. Riser diletakkan dibagian sudut atas pada posisi dan ukuran yang lebih besar dari sebelumnya. Kegiatan penempatan riser ini mampu menggeser posisi porositas keluar produk cor seperti terlihat pada gambar 8.



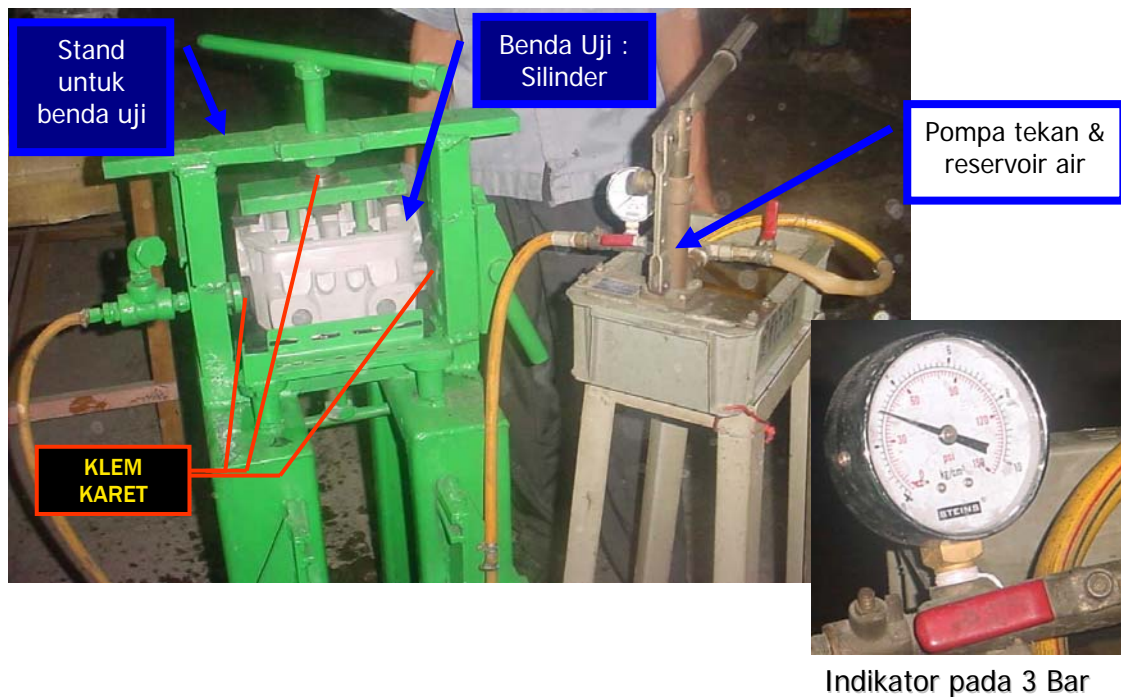
Gambar 8. Perpindahan lokasi kropos

Posisi daerah berporositas sebelum dilakukan perbaikan terlihat pada gambar 8a, setelah dilakukan penambahan riser di bagian tepi atas produk porositas nampak berpindah menuju daerah yang lebih tinggi (gambar 8b). Perbaikan penempatan riser dan dimensi yang lebih baik mampu memindahkan daerah porositas keluar produk sehingga nampak seperti gambar 8c porositas tidak diketemukan pada daerah potongan.

Riser diperlukan untuk casting pada saat produk casting mulai membeku dan berkontraksi. Biasanya riser ditempatkan pada cetakan di tempat yang menimbulkan penyusutan di dalam casting. Tujuan dari riser adalah memberikan bagian yang tebal dari casting yang akan berkontraksi pada saat penyusutan. Riser adalah logam terakhir yang akan membeku, yang mana kalau ada bagian casting yang mulai mengeras atau mendingin bisa diberikan cairan dari riser. Riser diletakkan tidak berhubungan dengan udara luar sehingga menjamin logam cair lebih lama cair dibandingkan produk dan mengisi produk. Pada kondisi riser ini riser juga mampu memindahkan posisi porositas keluar produk cor seperti nampak pada hasil pengamatan. Upaya perbaikan *casting lay-out* ini mampu menaikkan *rejection rate* dibandingkan sebelum perbaikan, yaitu dari 25 buah produk terdapat 19 buah silinder head yang lolos uji hidrostatis.

Uji hidrostatis

Rancang bangun alat hidrostatis dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal antara lain: air bertekanan akan dialirkan ke dalam rongga *water jacket*, lubang-lubang keluar air dari *water jacket* harus tertutup rapat dengan karet dan pengukur tekanan air harus terbaca jelas. Gambar 9 memperlihatkan proses uji hidrostatis untuk produk cor silinder head, terlihat indikator tekanan tetap menunjukkan posisi 3 bar selama 15 menit, berarti tidak ada kebocoran dari *water jacket*.



Gambar 9. Uji Hidrostatis

4. Kesimpulan

1. Optimasi *casting lay-out* melalui penempatan posisi dan dimensi riser yang tepat mampu memindahkan daerah porositas produk cor Aluminium paduan hingga keluar produk.
2. Retakan sudut akibat nilai penyusutan tinggi Aluminium paduan dapat dihilangkan dengan penambahan besar radius pada sudut-sudut tersebut.
3. Pengecoran Aluminium paduan dengan sistem gravity dan cetakan pasir mampu menghasilkan silinder head lolos test hidrostatik dan tidak bocor pada saat uji unjuk kerja di dyno test.

5. Ucapan Terima Kasih

Riset ini merupakan bagian dari kegiatan RUSNAS Pengembangan Engine Aluminium Paduan dengan dana intensif dari Kementerian Negara Riset dan Teknologi Tahun Anggaran 2006.

Daftar Pustaka

1. Laporan Akhir Kegiatan Rusnas Pengembangan Engine Aluminium Paduan, Tahun 2003.
2. I Nyoman Jujur, Jarot Raharjo, R. Widodo, 2001, Pembuatan Ingot Standar Aluminium dari Bahan Baku skrap, Jurnal Bahan Konduktor Padat Indonesia, Vol 2 No.2.
3. I Nyoman Jujur, 2001, Analisa Struktur mikro dan Mekanis Ingot Standar Paduan Aluminium dari Bahan baku Skrap, Proceeding of The 4th Quality in Research Seminar, Fakultas Teknik UI, Vol V.
4. I Nyoman Jujur, 2003, Pengaruh Proses Degassing pada Kekuatan Mekanis Produk Cor, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin 2003, FT. UNIBRAW-Malang.
5. I Nyoman Jujur, 2005, Teknologi Pembuatan Komponen Engine untuk IKM Logam, Prosiding SNTTM IV, UNUD.