



ANALISA KEGAGALAN RETAK MATERIAL BESI COR KELABU UNTUK APLIKASI *CYLINDER BLOCK*

Cahaya Sutowo, Galih Senopati, Ika Kartika, Budi Priyono

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material - LIPI
Kawasan Puspiptek Serpong, Gedung 470, Tangerang 15314
csutowo@yahoo.com

Abstrak - Telah terjadi kegagalan pada cylinder block sebuah kendaraan bermotor roda empat, kegagalan yang terjadi berupa crack (retakan) pada bagian permukaan. Cylinder block merupakan bagian utama dari engine yang dibuat melalui proses casting. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab utama dan mekanisme kegagalan yang mengakibatkan retaknya cylinder block serta memberikan solusi agar kegagalan serupa dapat dihindari. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian terhadap komponen silinder block yang mengalami kegagalan antara lain pengamatan visual, metalografi dan analisa komposisi kimia pada area tertentu menggunakan SEM/EDS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa material cylinder block adalah besi cor kelabu perlitik standard HFCLAI dengan nilai carbon equivalent (CE) 4,08% . Adanya porositas, inklusi, dan retakan mikro memberi peluang penjalaran retak selama komponen dilakukan pengerjaan machining. Terbentuknya struktur dendritik membuat besi cor lebih bersifat getas, yang mengakibatkan komponen mudah retak selama proses machining. Hal ini berarti bahwa pembuatan komponen cylinder block tanpa melalui prosedur perlakuan panas. Proses pembuatan sebaiknya menggunakan tungku induksi sehingga permukaan leburannya luas sehingga memudahkan penggunaan slag remover secara berulang kali di permukaan leburan besi sedemikian dengan tujuan meminimalkan pembentukan inklusi.

Kata kunci : cylinder block, kegagalan material, porositas, besi cor kelabu

Abstract - There have been failures in the cylinder block of a vehicle, a failure that occurs in the form of crack on the surface. Cylinder block is a major part of the engine that is created through the process of casting. The purpose of this research is to determine the root cause and mechanism of failure that results in broken cylinder block and provide solutions so that similar failures can be avoided. In this study conducted a few tests on the cylinder block components that have failed include visual observation, metallographic and chemical composition analysis on specific areas using SEM / EDS. The test results indicate that the cylinder block material is pearlitic gray cast iron HFCLAI standard with the value of carbon equivalent (CE) 4.08%. The presence of porosity, inclusions, and cracks crack propagation micro provide opportunities for component machining is done workmanship. The formation of dendritic structures made of cast iron is more brittle, resulting in easy cracking component during the machining process. This means that the manufacture of components cylinder block without passing through the heat treatment procedure. The process of making better use of induction furnace so that the melt surface area so as to facilitate the use of slag remover repeatedly on the surface of the molten iron so with the goal of minimizing the formation of inclusion.

Keywords: cylinder block, material failure, porosity, gray cast iron

I. PENDAHULUAN

Telah terjadi kegagalan pada blok silinder (cylinder block) mesin motor bakar, kegagalan berupa retakan (crack) pada salah satu bagian cylinder block seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Cylinder block merupakan bagian utama dari engine kendaraan bermotor, komponen ini dibuat melalui proses pengecoran (casting). Sesuai dengan aplikasi penggunaannya maka pemilihan material block dipilih agar memenuhi syarat pemakaian yaitu tahan terhadap suhu tinggi, dapat menghantarkan panas dengan baik dan tahan terhadap gesekan. Material yang banyak digunakan untuk aplikasi di atas adalah besi cor (cast iron alloy) dan aluminium paduan.

Besi cor merupakan paduan besi dengan kandungan karbon lebih dari 2% berat, biasanya antara 2,5 sampai 4% karbon, 1 sampai 3 % Silikon dan tambahan mangan. Besi cor terbagi 4 jenis yaitu besi cor putih, kelabu, nodular dan malleabel [1].



Pada besi cor putih dengan kandungan karbon di bawah 4,3% struktur yang terbentuk adalah pearlite dan ledeburite. Ketika kandungan karbon lebih dari 4,3% berat maka struktur yang terbentuk adalah ledeburite dan cementite.

Kandungan silikon pada besi cor cukup tinggi sekitar 2-3% berat dan laju pendinginannya lambat maka akan terbentuk grafit dan disebut besi cor kelabu. Komposisi dari paduan yang ditambahkan seperti magnesium dan serium pada besi cor dapat mempengaruhi bentuk dari grafit sehingga dapat berbentuk nodular atau besi cor nodular [2]. Selain komposisi kimianya struktur mikro dari besi cor juga dipengaruhi oleh proses pengecorannya.

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab kegagalan yang mengakibatkan retaknya cylinder block serta memberikan solusi agar kegagalan serupa dapat dihindari.



(a)



(b)

Gambar 1. Foto visual komponen *cylinder block* yang mengalami kegagalan

II. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian terhadap komponen cylinder block yang mengalami kegagalan berupa crack. Area crack diamati secara visual. Dari pengamatan visual ini dapat dilakukan prediksi jenis kegagalan yang dialami komponen dan selanjutnya dapat dilakukan pengujian yang mengarah pada prediksi awal.

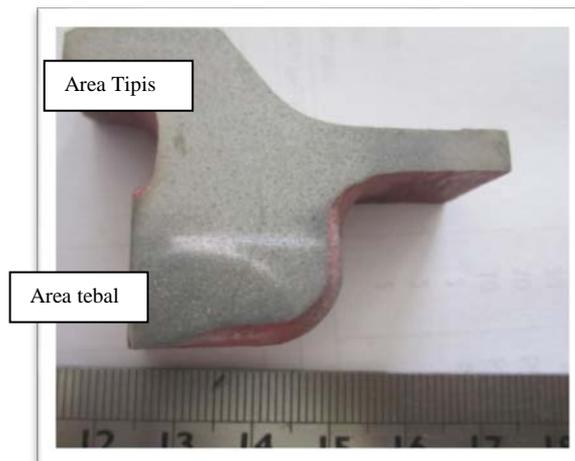
Fraktografi dilakukan baik secara makro visual ataupun mikro menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Dengan alat ini morfologi kerusakan pada area permukaan retakan dapat diamati dan identifikasi bentuk patahan dapat diketahui[3].

Analisa komposisi kimia dilakukan menggunakan metode Optical Emission Spectrometer (OES). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui standard dan jenis material komponen silinder block.

Pengujian metalografi dilakukan sesuai standar ASTM E-407-93 yaitu standar identifikasi struktur mikro menggunakan mikroskop optik. Prosedur pengamatan metalografi adalah sebagai berikut : pemotongan sampel atau spesimen dengan ukuran 1 x 1 x 1 cm, kemudian spesimen dimounting menggunakan resin untuk memudahkan pengampelasan. Spesimen yang telah dimounting kemudian diampelas dari ukuran kasar (#80) sampai halus (#1200) dan dilanjutkan dengan dipoles menggunakan alumina pasta sampai halus dan mengkilat, setelah itu dietsa dengan larutan nital 2 %. Pengamatan ini dilakukan untuk mengamati area disekitar kerusakan pada penampang melintang area yang mengalami kegagalan.

Analisa komposisi kimia pada spot area tertentu menggunakan SEM/EDS (energy dispersive spectroscopy) untuk mengetahui kandungan unsur secara semi kuantitatif pada area permukaan retakan serta mengamati jenis patahan dengan menggunakan perbesaran 500x.

Posisi pengujian metalografi dilakukan pada permukaan melintang area coran tipis dan coran tebal sebagaimana pada Gambar 2.



Gambar 2. Posisi sampel pengujian metalografi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa komposisi kimia dari *cylinder block* ditunjukkan pada Tabel.1. Jenis material komponen termasuk kedalam klasifikasi besi cor dengan kandungan 3,42% C dan 1,93% Si. Didalam besi cor, karbon selalu dipengaruhi oleh silikon sehingga dalam perhitungan digunakan CE (*carbon equivalent*) dengan hubungan sebagai berikut [1]:

$$CE = \%C + 0.31 \%Si$$

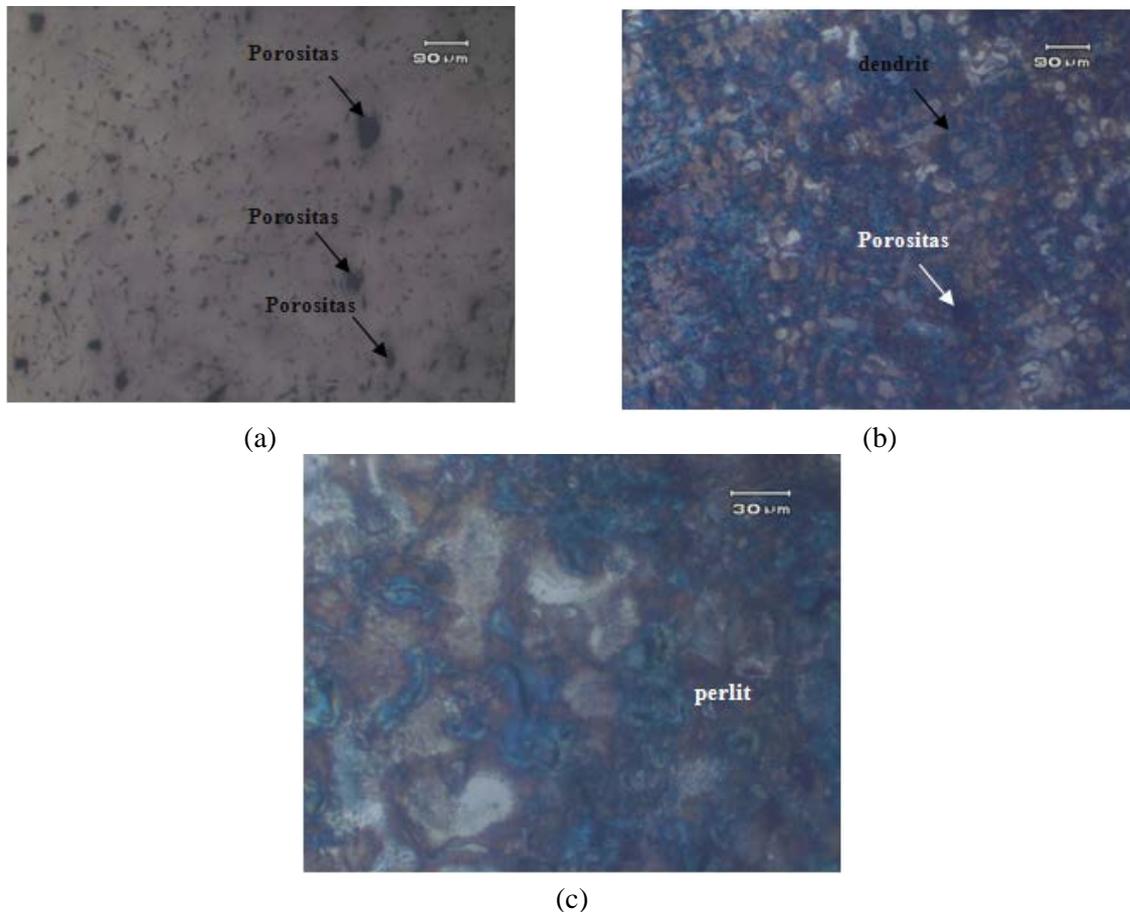
Harga CE (*carbon equivalent*) berdasarkan perhitungan tersebut sebesar 4,08%. Kandungan unsur mangan sesuai range standar yaitu sebesar 0,71%. Kandungan unsur lain yang berpengaruh terhadap peningkatan sifat mekanik adalah kandungan Cu dan Cr.

Penambahan 0,2% Cu dan 0,21% Cr tersebut memang sengaja ditambahkan selama proses pembuatannya, yang bertindak sebagai unsur pembentuk atau penstabil fasa perlit. Keberadaan kedua unsur tersebut yang menyebabkan struktur mikro besi cor bermatriks perlit.

Tabel 1. Hasil analisa komposisi kimia komponen *cylinder block*

Unsur	% Komposisi	
	Komponen yang Retak	Standard HFCLAI
C	3,42	3,10-3,42
Si	1,93	1,70-2,30
Mn	0,71	0,5-0,8
P	0,055	-
S	0,069	-
Cu	0,2	-
Cr	0,21	-
Sn	0,06	-
Fe	bal	bal

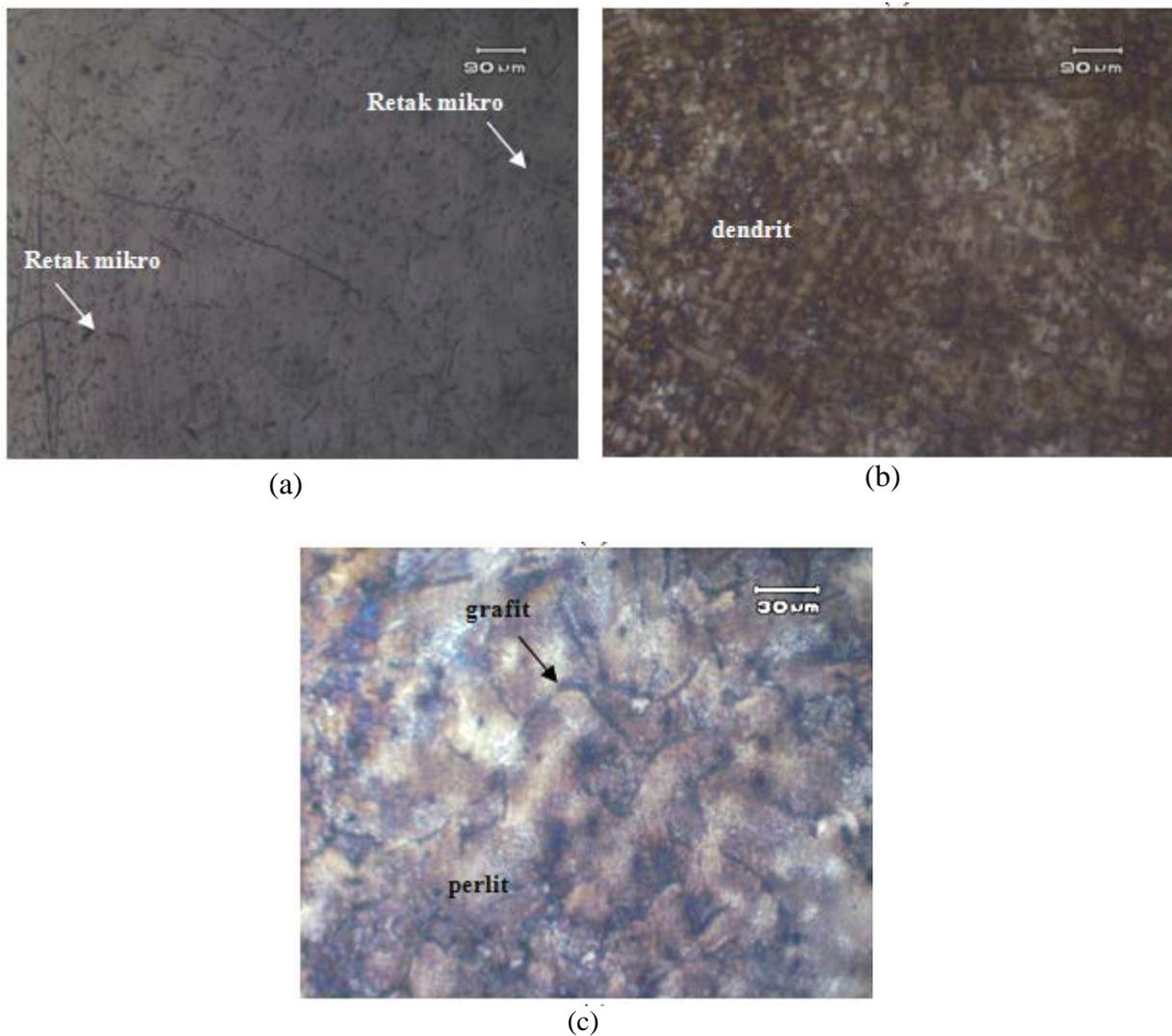
Hasil pengamatan metalografi pada sampel area coran tebal kondisi tanpa etsa dan setelah etsa menggunakan etsa nital 2%. Tampak pada Gambar.3(a) struktur mikro bagian tebal tanpa etsa terdapat porositas dan inklusi, sedangkan Gambar.3(b) dan (c) menunjukkan struktur mikro setelah etsa pada bagian tebal terlihat struktur dendritik dan terlihat adanya porositas dengan struktur matrik perlit (warna gelap).



Gambar 3. Struktur mikro area tebal tanpa etsa (a) dan setelah etsa nital 2% (b & c).

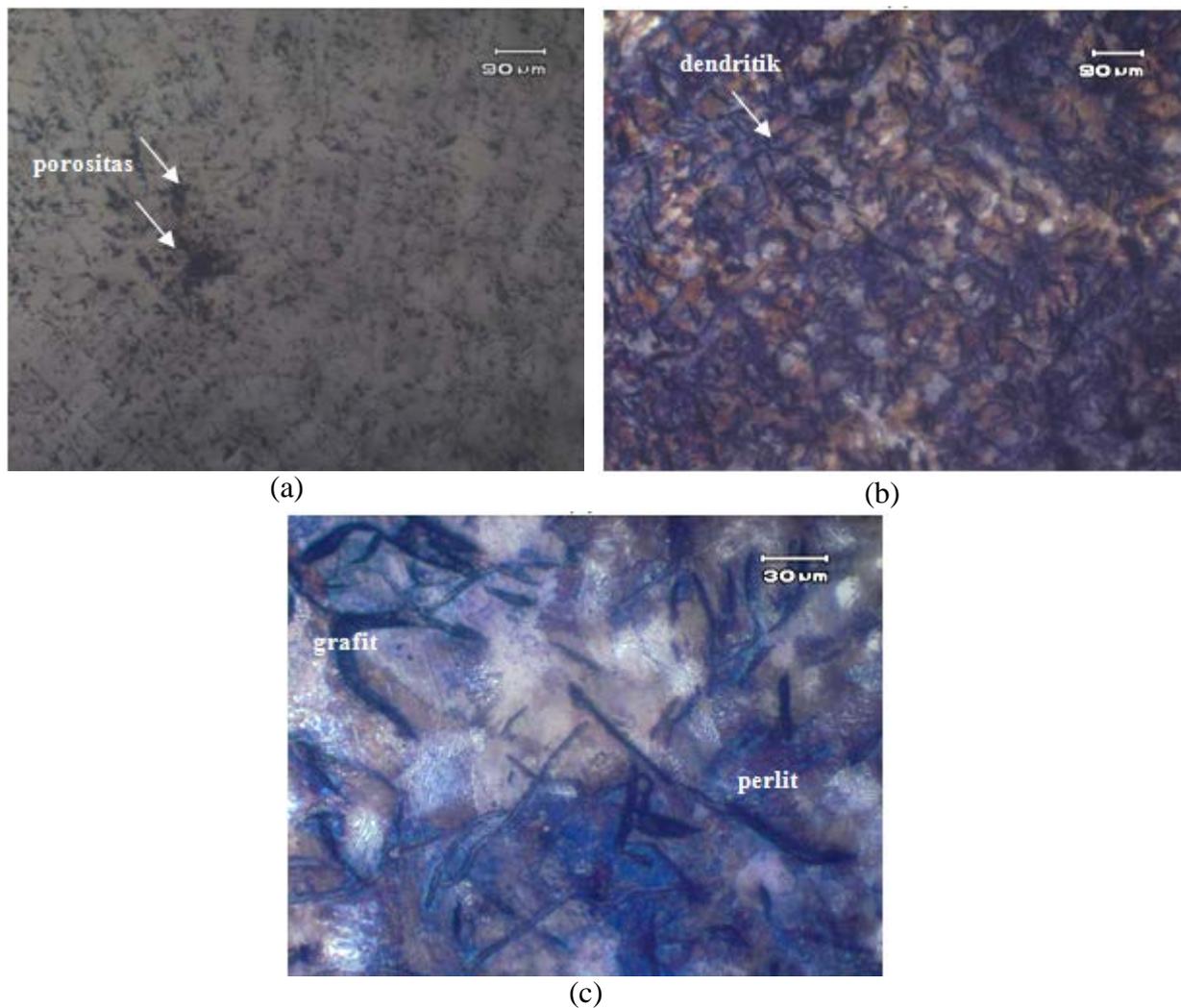
Hasil pengamatan metalografi pada sampel area coran tipis kondisi tanpa etsa dan setelah etsa menggunakan etsa nital 2%. Tampak pada Gambar. 4.(a) Struktur mikro area tipis tanpa etsa terdapat porositas dengan ukuran diameter 50µm dan retak mikro, sedangkan pada 4.(b) Struktur mikro menunjukkan struktur dendritik dengan matriks perlit, serta 4.(c) Struktur mikro menunjukkan struktur khas besi cor kelabu yang terdiri atas grafit berbentuk serpih (*flakes*) yang tidak beraturan dengan matriks perlit.

Perlit merupakan struktur yang berbentuk lapisan dari ferit yang liat dan sementit yang keras dan getas. Jadi matrik perlit bersifat ulet dan baik sekali ketahanan ausnya.



Gambar 4. Struktur mikro pada area tipis tanpa etsa (a), dan setelah etsa nital 2% (b & c).

Pengamatan metalografi juga dilakukan pada area penampang lainnya, hasil pengamatan metalografi seperti tampak pada Gambar 5, pada sampel tanpa etsa menunjukkan adanya porositas dan inklusi. Sedangkan pada sampel etsa struktur dendritik dengan matriks perlit, struktur mikro menunjukkan struktur besi cor kelabu (grafit flakes) dengan matriks perlit

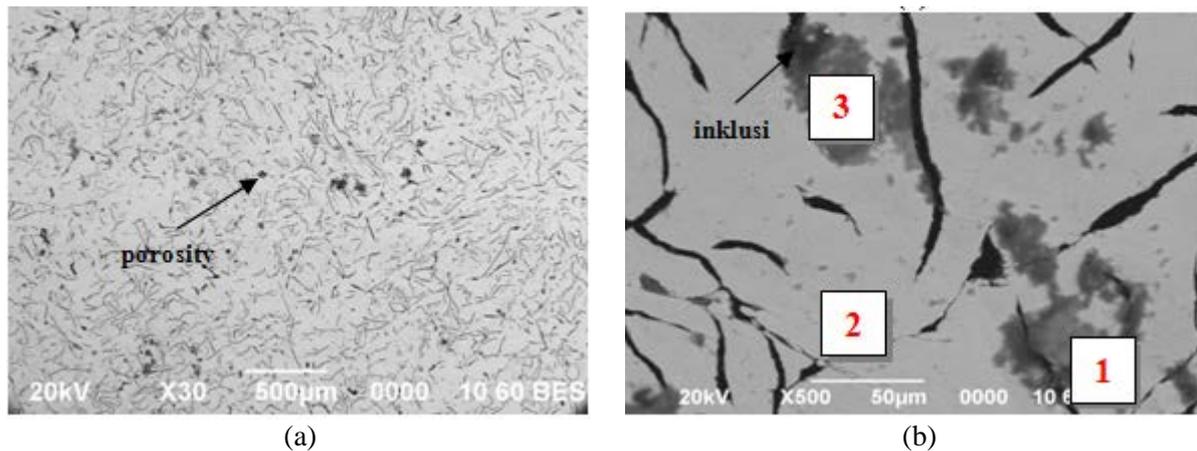


Gambar 5. Struktur mikro pada area lain tanpa etsa (a) dan etsa nital dengan perbesaran yang berbeda (b & c).

Secara keseluruhan hasil pengamatan struktur mikro komponen cylinder block termasuk jenis material besi cor kelabu perlitik. Di dalam struktur mikro besi cor kelabu ini muncul struktur dendritik. Walaupun sudah ditambahkan unsur krom (Cr) dan tembaga (Cu) namun fasa ferit masih terbentuk. Besi cor kelabu perlitik ini mengandung porositas yang tersebar merata di dalamnya.

Di dalam struktur mikro terdapat struktur dendritik, dimana fasa ferit dan perlit kasar terbentuk. Hal ini berarti, komponen cylinder block langsung diinstal tanpa melalui prosedur perlakuan panas. Terbentuknya struktur dendritik membuat besi cor lebih bersifat getas, yang mengakibatkan komponen mudah retak akibat terjadinya tegangan sisa pada saat proses machining.

Penyebaran porositas dapat teramati sebagaimana pada Gambar 6a. hasil pengamatan menggunakan SEM dengan perbesaran 30X. Struktur besi cor kelabu dengan grafit flake menunjukkan inklusi terlihat lebih jelas dengan perbesaran 500 X pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur mikro *cylinder block* hasil SEM/EDS (a). perbesaran 30x terlihat penyebaran porositas. (b) perbesaran 500 x menunjukkan inklusi yang lebih jelas.

Hasil analisa SEM/EDX pada area tertentu sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6(b) yaitu spot area 1, area 2 dan area 3 menunjukkan komposisi kandungan unsur-unsur pada permukaan patahan tersebut sebagaimana pada tabel 2. Area 1 dan 3 merupakan area inklusi yang ditunjukkan dengan adanya bercak hitam sedangkan area 2 adalah area matriks tanpa inklusi. Dari tabel 2 pada area 1 dan 3 menunjukkan adanya kandungan oksida yang merupakan senyawa inklusi dimana kandungan karbon signifikan pada area yang terlihat kehitaman. Adanya oksida logam dapat memicu terjadinya retak [4].

Tabel 2. Hasil analisa SEM/EDX pada area tertentu komponen *cylinder block*

Elemen (unsur)	% massa		
	Area 1	Area 2	Area 3
C	31,09	-	30,19
O	3,00	-	2,47
Si	0,73	0,95	0,93
Fe	63,43	97,25	66,3
Cu	1,75	-	-
Mn	-	0,58	-
V	-	-	0,08
F	-	1,21	-

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan :

1. Material *cylinder block* mesin motor bakar adalah besi cor kelabu perlitik.
2. Struktur mikro menunjukkan adanya porositas dan inklusi yang tersebar merata serta teramati inisiasi retakan mikro. Adanya porositas, inklusi, dan retakan mikro memberi peluang pejalaran retak selama komponen dilakukan pengerjaan machining.
3. Komponen *cylinder block* langsung diinstal tanpa melalui prosedur perlakuan panas. Terbentuknya struktur dendritik membuat besi cor lebih bersifat getas, yang mengakibatkan komponen mudah retak selama pengerjaan machining.



4.2. Saran

1. Dalam proses pembuatannya, sebaiknya menggunakan tungku induksi sehingga permukaan leburan besi lebih luas untuk memudahkan penggunaan *slag remover* secara berulang kali pada permukaan leburan besi sehingga pembentukan inklusi dapat diminimalkan.
2. Dianjurkan dilakukan perlakuan panas dengan pendinginan udara ruang terbuka dengan tujuan antara lain supaya unsur padu yang ditambahkan, terutama Cu dan Cr larut padat homogen secara difusi untuk menghilangkan struktur dendrite sehingga terjadinya tegangan sisa pada saat proses *machining* dapat dieliminisir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].ASM Handbook. Metals Hand Book. Vol. 1, Properties and selection: Irons, steels, and high performance alloy, Ohio: American Society for Metals, 1998.
- [2].Cassio barbosa et al. Microstructural analysis of the failure of a cast iron cylinder head of a thermoelectrical plant motor, J. Fail. Anal. And Preven. Vol. 14, pp. 424-429, 2015.
- [3].ASM Handbook. Metals Hand Book. Vol. 12, Fractography. Ohio: American Society for Metals, 1998.
- [4].Cahya Sutowo, Ika Kartika, Budi Priyono, “ Analisa Keretakan Pada Komponen Camshaft”, Proseding Seminar Material Metalurgi 2015 , ISSN / ISBN / IBSN : 2085-0492. Serpong, 2015.