

STUDI KARAKTERISTIK MATERIAL STEM SEPEDA UNTUK PENGEMBANGAN PROTOTIPE STEM SEPEDA BERBASIS LIMBAH PISTON DENGAN VARIASI TEMPERATUR CETAKAN

Cecep Suganda¹, Edi Sutoyo², Dwi Yuliaji³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBN Khaldun Bogor

Email : Csuganda98@gmail.com¹, Sutoyo_02@yahoo.co.id², dwibdw@yahoo.co.id³

Abstrak

Bicycle stem is the link between handlebar (handlebar) with steerer tube (fork). Stem one of the bike parts to note and Each type of bike is different for the size and specifications stemnya. This research aims to. Obtained characterization of aluminium casting material as a material for making stem bikes with casting temperature of 700 ° C, and temperature variations of room temperature (30 ° C), 100 ° C, 150 ° C, 200 ° C, and characteristic hardness values stem between piston waste material and stem. The piston waste is melted at the melting furnace at a temperature of 700 ° C. then cast into the mold. After obtaining the specimen and then testing the material characteristics include chemical composition, microstructure, and hardness. The result of the research after casting with variation of the molded temperture has different material characteristic values, ie: chemical composition which has no change before and after casting, the micro structure has little porous defect, and the hardness value where the higher the mold temperature the lower the hardness . Conclusions of data processing The highest value of piston recycled hardness is 93 HV when compared to the hardness of 61.2 HV stem bike material, the hardness is more than enough and from the composition test there is a difference of Si 12% composition. Result of micro structure at foundry with 4 variation still have defect of cast (porous and shrinkage). the stam bike hardness test has an average hardness value of 64.2 HV whereas for the hardness value of piston waste casting results show the hardness value of 91 HV with mold temperature 30 ° C, 93 HV with mold temperture 100 ° C, 89 HV with mold temperature 150 ° C, 87 HV with mold temperature 200 ° C. The higher the mold temperature, the lower the hardness of the material.

Keyword : Stem, Piston waste, and Mold temperature.

1. PENDAHULUAN

Sepeda dianggap menjadi salah satu solusi alternative transportasi bagi warga dunia, yaitu untuk mengurangi kemacetan yang mencapai titik parah dan mengurangi polusi udara yang dihasilkan oleh kendaraan lainnya. Sepeda merupakan kendaraan beroda dua atau tiga, mempunyai setang, tempat duduk, dan sepasang pengayuh yg digerakkan kaki untuk menjalankannya. Sepeda memiliki beberapa jenis diantaranya : sepeda ontel, sepeda gunung, sepeda jalan raya, sepeda BMX, sepeda mini, sepeda balap dll. Komponen-komponen pada sepeda antara lain : *Seat, seat post, brakes, spokes, hub, rear hub, chain, sprocket, pedal, crank arm, frame, rim, tire, forks, headset, bars, brake cable, brake lever, grips, dan stem.*

Penggunaan paduan aluminium terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini terlihat dari urutan penggunaan logam paduan aluminium yang menempati urutan kedua setelah penggunaan logam besi atau baja, dan di urutan pertama untuk logam *non ferro*. Pemakaian aluminium pada industri otomotif terus meningkat sejak tahun 1980. Komponen otomotif yang terbuat dari paduan aluminium,

antara lain adalah piston, blok mesin, kepala silinder, katup dan sebagainya[1].

Stem merupakan komponen penghubung antara setang (*handlebar*) dengan *steerer tube (fork)*. Stem salah satu part sepeda yang perlu diperhatikan dan Setiap jenis sepeda tentu berbeda untuk ukuran dan spesifikasi stemnya. Di Indonesia belum ada produksi part untuk pembuatan part sepeda khususnya stem yang dimana untuk saat ini masih di import dari luar negeri.

Pada penelitian ini fokus masalah yang ingin dipelajari adalah tentang Studi karakterisasi material Stem sepeda untuk pengembangan prototipe Stem sepeda berbasis limbah piston.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah, Mendapatkan karakterisasi hasil pengecoran limbah aluminium sebagai bahan pembuatan stem sepeda jalan. Mendapatkan proses pengecoran limbah aluminium dengan variasi temperature tuang 700°C, dengan temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C, Memperoleh karakteristik nilai kekerasan bahan stem antara material limbah piston dan material stem.

Data dari hasil karakterisitik material Stem sepeda dan Limbah piston :

1. Pengujian komposisi kimia
 2. Pengujian kekerasan
 3. Pengujian struktur mikro
- b) Tahap II : Pengujian karakteristik material setelah dilakukan pengecoran (Specimen) :
1. Pengujian komposisi kimia
 2. Pengujian kekerasan
 3. Pengujian struktur mikro
- c) Tahap III : Melakukan studi komparasi karakterisasi material limbah alumunium dan specimen uji

3. HASIL PENELITIAN DAN BAHASAN

Hasil penelitian dan pembahasan yang akan diuraikan meliputi, karakterisasi Stem sepeda, limbah piston, identifikasi kualitas hasil peleburan piston bekas dengan variasi 4 temperatur cetakan, temperatur ruang (30°C, 100°C, 150°C, dan 200°C.

- Studi komparasi karakterisasi material limbah piston dan pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C.

Pada tahapan ini, untuk mengetahui kualitas material hasil peleburan limbah piston bekas, dilakukan 4 kali peleburan dengan variasi temperatur cetakan yang berbeda yaitu : 30°C, 100°C, 150°C, 200°C, dengan temperatur peleburan sama rata, yakni 700°C. Limbah piston bekas yang digunakan adalah piston bekas motor bensin. Setelah dilakukan pengecoran terhadap limbah material piston, kemudian dilakukan pengujian – pengujian untuk mendapatkan data tentang kualitas hasil peleburan limbah piston. Adapun pengujian yang dilakukan meliputi pengujian komposisi, struktur mikro dan kekerasan. Yang kemudian akan dilihat hasil perkembangan sebelum dan sesudah pengecoran limbah piston dengan variasi cetakan.

a. Komposisi kimia limbah piston dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C

Berikut hasil komposisi kimia limbah piston dan hasil peleburan limbah piston bekas dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C dengan temperatur peleburan 700°C.

Tabel 3.1 komposisi kimia hasil pengecoran piston dengan variasi temperatur cetakan [10]

Unsur	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ni	Ti	Pb	Sn	V
Limbah Piston	84,0	12,4	0,318	1,08	0,0094	1,03	0,015	0,0155	1,10	0,0196	0,005	0,005	0,0061
sampel cor Piston	83,9	12,1	0,421	1,07	0,0160	1,18	0,0150	0,0211	1,25	0,0217	0,0050	0,0050	0,0129

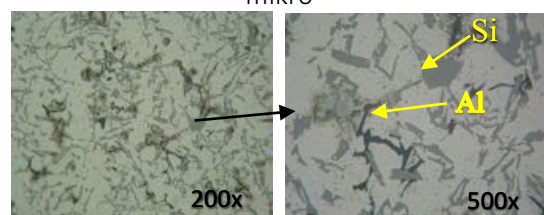
Dari hasil uji komposisi kimia limbah piston sebelum maupun sesudah dilakukannya peleburan dapat dianggap tidak mengalami perubahan apapun. Limbah piston dengan unsur nilai paduan utama Al 84.0% dan Si 12.4%, sedangkan hasil peleburan limbah piston bekas didapatkan hasil komposisi dengan unsur kandungan Al 83,9 % dan Si 12,1 %, sehingga hasil coran limbah piston layak untuk digunakan sebagai material steam sepeda. Untuk komposisi kimia hasil pengecoran dengan 4 variasi temperatur cetakan dapat dipastikan sama, karena tidak ditambahkan material tambahan apapun.

b. Struktur mikro limbah piston dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C

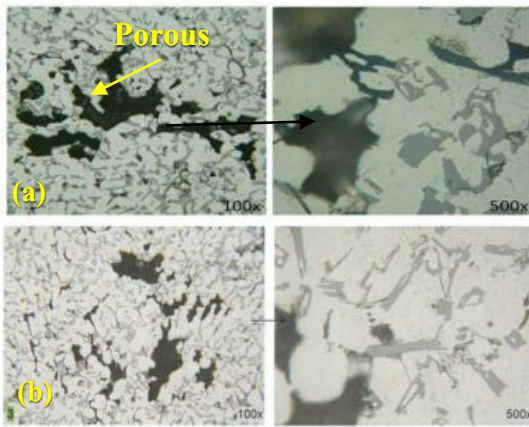
Hasil pengujian struktur mikro limbah piston dan hasil pengecoran material limbah piston bekas dengan variasi temperatur cetakan dapat diamati seperti pada gambar berikut ini :



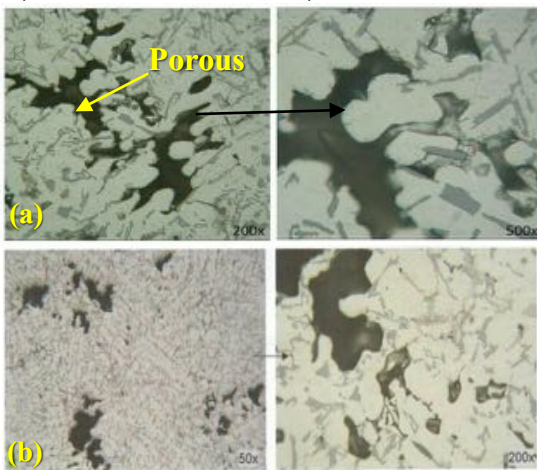
Gambar 3.1 sampel untuk pemeriksaan struktur mikro



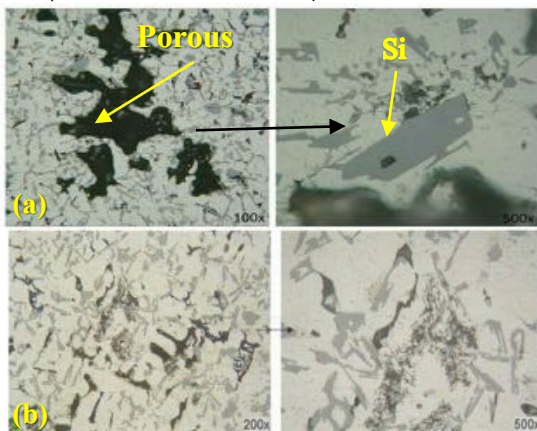
Gambar 3.2 Struktur mikro material piston dengan pembesaran mikroskop 200x dan 500x



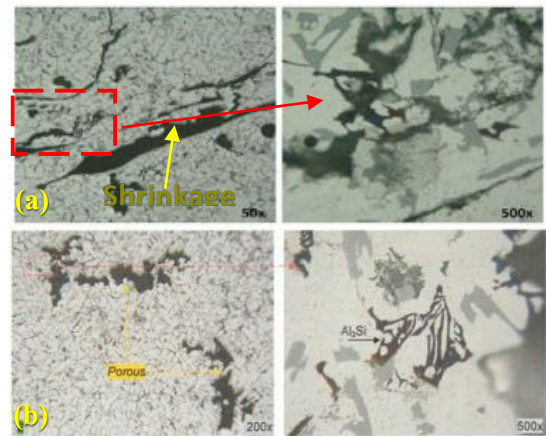
Gambar 3.3 a) dan (b) Struktur mikro hasil pengecoran dengan variasi cetakan temperatur ruang (30°C) dengan pembesaran mikroskop 100x dan 500x.



Gambar 3.4 (a) Struktur mikro hasil pengecoran dengan variasi cetakan 100°C dengan pembesaran mikroskop 200x dan 500x, (b) pembesaran mikroskop 50x dan 200x.



Gambar 3.5 (a) Struktur mikro hasil pengecoran dengan variasi cetakan 150°C dengan pembesaran mikroskop 100x dan 500x, (b) pembesaran mikroskop 200x dan 500x.



Gambar 3.6 (a) Struktur mikro hasil pengecoran dengan variasi cetakan 200°C dengan pembesaran mikroskop 50x dan 500x, (b) pembesaran mikroskop 200x dan 500x.

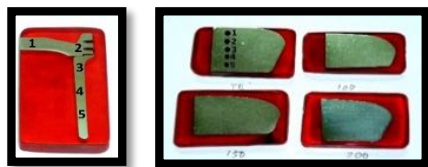
Hasil struktur mikro pada (gambar 3.2) sampel potongan memanjang dilokasi berupa aluminium silikon (al-Si) dan pada daerah tepi terjadi korosi akibat operasi. sedangkan pada (gambar 3.3) dengan variasi temperatur cetakan temperatur ruang (30°C) didapatkan pengamatan berupa aluminium silisium dan terdapat cacat porous. Struktur mikro Pada (gambar 3.4) dengan variasi temperatur cetakan 100°C didapatkan pengamatan berupa aluminium silisium dan terdapat cacat porous. Struktur mikro pada (gambar 3.5) dengan variasi temperatur cetakan 150°C didapatkan pengamatan berupa aluminium silisium dan terdapat cacat porous dan yang terakhir hasil struktur mikro pada (gambar 3.6) dengan variasi temperatur cetakan 200°C terdapat berupa aluminium silisium dan shrinkage dan porous.

Dari pengamatan struktur mikro sebelum dan sesudah dilakukannya pengecoran, dapat dilihat unsur Al dan Si cukup tersebar merata, namun masih terdapat cacat *porous* pada hasil struktur mikro 4 variasi temperatur cetakan sesudah dilakukannya pengecoran dan cacat *shrinkage* pada variasi cetakan dengan temperatur 200°C, cacat *porous* terjadi akibat gas yang terbawa dalam logam cair selama pencairan terjebak didalam rongga cetakan. Sementara cacat *shrinkage*

disebabkan pembekuan alumunium pada temperatur rendah mengakibatkan laju pembekuan menjadi tidak seragam dan sifat mampu alinya menjadi kurang baik sehingga teradi cacat *shrinkage* pada produk cor.

c. Kekerasan limbah piston dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C

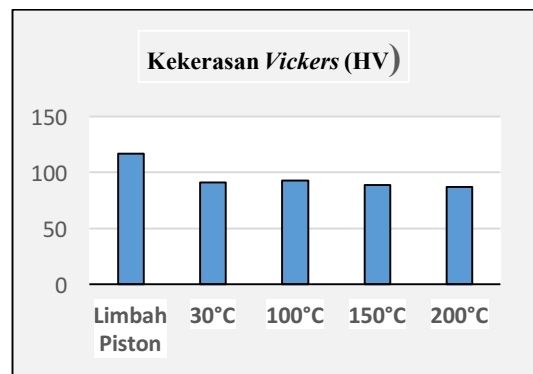
Pada pengujian kekerasan limbah piston dan hasil pengecoran material piston bekas dengan variasi cetakan, temperatur ruang 30°C, 100°C, 150°C, dan 200°C. dilakukan lima kali penekanan identer dengan posisi penekanan merata pada spesimen yang bisa dilihat pada (gambar 4.7). Hasil pengujian kekerasan material piston didapatkan hasil seperti pada (tabel 4.2). Pengujian menggunakan *Vicker* dengan identer kerucut intan 136°, beban 3 kg untuk limbah piston sebelum di cor dan 5 kg untuk limbah piston sesudah di cor, waktu 15 detik. Diperoleh data sebagai berikut :



Gambar 3.7 Posisi pengambilan spesimen dan letak penekanan identer

Tabel 3.2 Nilai kekerasan *Vickers* limbah piston dan pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan, 30°C, 100°C, 150°C, 200°C.[10]

No.	Nilai kekerasan (HV)				
	Limbah Piston	Hasil pengecoran limbah piston			
		30°C	100°C	150°C	200°C
1	103	89,0	93,0	93,0	88,5
2	103	89,5	91,5	88,5	91,5
3	124	94,0	90,5	86,0	88,0
4	127	91,5	96,5	87,5	83,0
5	127	90,5	94,0	90,5	87,5
Rata-rata	116,8 HV	91 HV	93 HV	89 HV	87 HV



Gambar 3.8 Grafik kekerasan limbah piston sebelum dan sesudah cor

Hasil pengujian kekerasan sebelum dan sesudah dilakukannya pengecoran dengan 4 variasi temperatur cetakan menunjukkan bahwa kekerasan sebelum dilakukannya pengecoran menunjukkan nilai kekerasan 116,8 HV, dan setelah dilakukannya pengecoran menunjukkan nilai kekerasan 91 HV dengan temperatur cetakan 30°C, 93 HV dengan temperatur cetakan 100°C, 89 HV dengan temperatur cetakan 150°C, 87 HV dengan temperatur cetakan 200°C.

Berdasarkan data pada (tabel 3.2), Penurunan nilai kekerasan yang signifikan dari sebelum dilakukannya pengecoran terjadi karena material limbah piston yang di cor terdiri dari satu tipe piston namun dari merk yang berbeda, sedangkan untuk nilai kekerasan setelah dilakukannya pengecoran dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur cetakan semakin rendah nilai kekerasan yang didapat, hal ini dapat dilihat dari (tabel 3.2) dimana nilai kekerasan menurun seiring temperatur cetakan meningkat. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan laju pembekuan, waktu pembekuan dan pertumbuhan inti pada paduan tersebut. Laju pembekuan yang terjadi pada temperatur cetakan yang rendah akan menyebabkan laju pembekuan yang cepat, sedangkan untuk laju pembekuan dengan temperatur cetakan tinggi akan menyebabkan laju pembekuan yang lambat dan waktu pembekuannya semakin lama. Cepatnya laju pembekuan yang terjadi pada temperatur cetakan rendah terjadi karena adanya laju perpindahan panas yang tinggi dan lambatnya disebabkan karena adanya perpindahan panas yang rendah. Pernyataan yang sama bahwa temperatur cetakan yang tinggi akan menambah waktu pembekuan [9]

- **Studi komparasi karakteristik material stem sepeda dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C**

Setelah dilakukannya pengecoran limbah piston dengan 4 variasi cetakan, dilakukannya komparasi karakteristik material stem sepeda dengan hasil pengecoran dimana untuk menentukan karakteristik material yang paling cocok guna pengembangan prototipe stem sepeda berbasis limbah piston, karakteristik material yang dikomparasi meliputi komposisi kimia, struktur mikro dan kekerasan.

a. Komposisi kimia stem sepeda dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C

Berikut hasil uji komposisi kimia stem sepeda dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C, dapat dilihat pada (tabel 3.3)

Tabel 3.3 komposisi kimia stem sepeda dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan, 30°C, 100°C, 150°C, 200°C.[10]

Unsur	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ni	Ti	Pb	Sn	V
Stem sepeda	98.7	0.487	0.163	0.0626	0.001	0.541	0.015	0.001	<0.005	0.0158	0.005	0.005	0.0025
Hasil peleburan variasi cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C	83,9	12,1	0,421	1,07	0,0160	1,18	0,0150	0,0211	1,25	0,0217	0,0050	0,0050	0,0129

Nilai unsur komposisi kimia pada (tabel 3.3) tidak berbeda pada pembahasan seperti yang sudah dibahas sebelumnya pada (tabel 3.1), dikarenakan nilai komposisi kimia sebelum maupun sesudah dilakukannya pengecoran tidak ada perubahan nilai unsur komposisi kimia yang signifikan sebab tidak ada tambahan material apapun pada saat peleburan limbah piston. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa material stem sepeda mempunyai unsur paduan utama 98.7% Al dan 0.487 % Si, sedangkan untuk hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C mempunyai unsur paduan utama 83,9 % Al dan 12,1 % Si.

Perbedaan yg signifikan terdapat pada kandungan unsur kimia Si antara stem dan piston, Silikon adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Si. Si memiliki afinitas yang sangat tinggi terhadap O₂. Reaksi-reaksi yang terjadi selama proses peleburan menjadi senyawa SiO₂ akan bereaksi

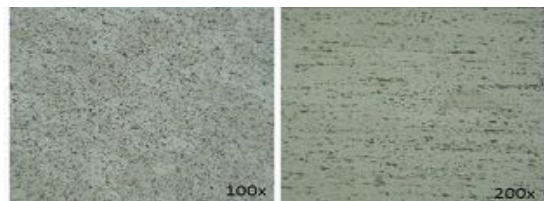
dengan oksida-oksida lain menjadi berbagai jenis silikat, seperti (FeO)₂.SiO₂, dan lain-lain. Senyawa-senyawa silikat inilah yang menyebabkan baja dengan kandungan silikon tinggi akan berserabut ketika mengalami deformasi plastis. Si akan menurunkan titik lebur baja secara drastis dengan temperatur interfal liquidus – solidus sangat kecil sehingga segregasi Si tidak sempat terjadi.

b. Struktur mikro stem sepeda dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C

Hasil pengamatan struktur mikro terhadap stem sepeda dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C terlihat pada gambar-gambar berikut ini :



Gambar 3.9 sampel untuk pemeriksaan struktur mikro



Gambar 3.10 struktur mikro stem sepeda dengan pembesaran mikroskop 100x dan 200x

Hasil struktur mikro pada (gambar 3.10) material pipa berupa aluminium dengan butir silisium menyebar merata. sedangkan pada (gambar 3.3) dengan variasi temperatur cetakan temperatur ruang (30°C) didapatkan pengamatan berupa aluminium silisium dan terdapat cacat porous. Struktur mikro Pada (gambar 3.4) dengan variasi temperatur cetakan 100°C didapatkan pengamatan berupa aluminium silisium dan terdapat cacat porous. Struktur mikro pada (gambar 3.5) dengan variasi temperatur cetakan 150°C didapatkan pengamatan berupa aluminium silisium dan terdapat cacat porous dan yang terakhir hasil struktur mikro pada (gambar 3.6) dengan variasi temperatur cetakan 200°C terdapat berupa aluminium silisium dan shrinkage dan porous.

Struktur mikro stem seperti pada (gambar 3.10) tidak ada cacat dan kandungan Al – Si menyebar merata, sedangkan semua struktur mikro hasil pengecoran masih terdapat cacat porous dan shrinkage. Seperti kita ketahui, logam merupakan susunan butiran-butiran kristal seperti butiran pasir yang menyusun batu pasir, butiran-butiran tersebut saling terikat yang emudian membentuk mikrostruktur. Adanya serangan korrorsi batas butir menyebabkan butiran menjadi lemah terutama dibatas butir sehingga logam kehilangan kekuatan dan daktilitasnya. Hal ini juga dapat dikarenakan saat pada penuangan logam cair kedalam cetakan yg tidak maksimal dan pada penelitian ini menggunakan pengecoran gravitasi, sehingga masih diperlukan banyak penelitian-penelitian lanjutan untuk mendalami proses pengecoran sentrifugal, cetak tekan yang dapat meningkatkan sifat struktur mikronya. Dan dapat terlihat juga secara visual kandungan Si yang lebih tinggi pada limbah piston dari pada stem sepeda, yang dapat berpengaruh pada laju pendinginan logam.

c. Kekerasan stem sepeda dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan 30°C, 100°C, 150°C, 200°C

Pada pengujian kekerasan stem sepeda dan hasil pengecoran material piston bekas dengan variasi cetakan, temperatur ruang 30°C, 100°C, 150°C, 200°C. dilakukan lima kali penekanan identer dengan posisi penekanan merata pada spesimen yang bisa dilihat pada (gambar 19). Hasil pengujian kekerasan material piston didapatkan hasil seperti pada (tabel 6). Pengujian menggunakan *Vicker* dengan indentor kerucut intan 136°, beban 3 kg untuk stem sepeda dan 5 kg untuk limbah piston setelah pengecoran, waktu 15 detik. Diperoleh data sebagai berikut :

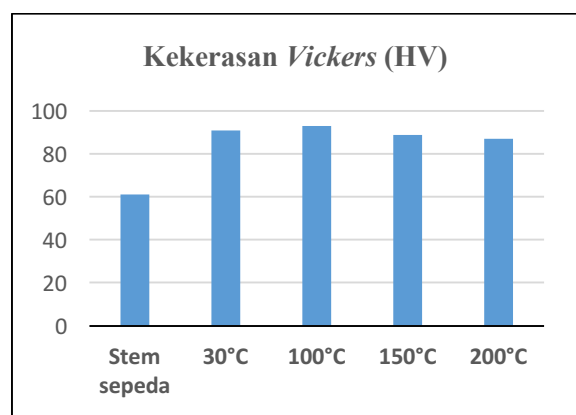


Gambar 3.11 Posisi pengambilan spesimen dan letak penekanan indentor

Tabel 3.4 Nilai kekerasan *Vickers* limbah piston dan pengecoran limbah piston dengan variasi

temperatur cetakan, 30°C, 100°C, 150°C, 200°C.[10]

No.	Nilai kekerasan (HV)				
	Stem sepeda	Hasil pengecoran limbah piston			
		30°C	100°C	150°C	200°C
1	59	89,0	93,0	93,0	88,5
2	61	89,5	91,5	88,5	91,5
3	62	94,0	90,5	86,0	88,0
4	64	91,5	96,5	87,5	83,0
5	60	90,5	94,0	90,5	87,5
Rata-rata	61,2 HV	91 HV	93 HV	89 HV	87 HV



Gambar 3.12 Grafik kekerasan *Vickers* stem sepeda dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan , 30°C, 100°C, 150°C, 200°C.

Hasil uji kekerasan stem sepeda mempunyai nilai kekerasan rata-rata 61,2 HV sedangkan untuk nilai kekerasan hasil pengecoran limbah piston menunjukkan nilai kekerasan 91 HV dengan temperatur cetakan 30°C, 93 HV dengan tempertur cetakan100°C, 89 HV dengan temperatur cetakan150°C, 87 HV dengan temperatur cetakan 200°C.

Nilai kekerasan stem dan hasil pengecoran limbah piston dengan variasi temperatur cetakan memiliki perbandingan nilai kekerasan yang sangat signifikan, dimana nilai kekerasan hasil pengecoran limbah piston lebih tinggi dari pada stem sepeda, hal ini dapat berpengaruh kepada sifat mekanis stem sepeda yang akan semakin tinggi kekuatannya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

• Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka bisa diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil uji kekerasan stem sepeda mempunyai nilai kekerasan rata-rata 64,2 HV sedangkan untuk nilai kekerasan hasil pengecoran limbah piston menunjukkan nilai kekerasan 91 HV dengan temperatur cetakan 30°C, 93 HV dengan temperatur cetakan 100°C, 89 HV dengan temperatur cetakan 150°C, 87 HV dengan temperatur cetakan 200°C.
2. Nilai kekerasan daur ulang piston paling tinggi yaitu 93 HV jika dibandingkan dengan kekerasan material stem sepeda 61,2 HV, kekerasan yang didapatkan lebih dari cukup. Dan dari uji komposisi terdapat perbedaan komposisi unsur Si 12 %. Hasil struktur mikro pada pengecoran dengan 4 variasi masih terdapat cacat coran (porous dan shrinkage).
3. Apabila temperatur cetakan semakin tinggi, nilai kekerasan material semakin rendah. Hal ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan laju pembekuan, waktu pembekuan dan pertumbuhan inti pada paduan tersebut.

- **Saran**

Saran yang dapat saya sampaikan pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pengecoran protoipe stem sepeda pada penelitian ini menggunakan metode pengecoran gravitasi, sehingga masih banyak diperlukan penelitian-penelitian lanjutan untuk mendalami proses pengecoran sentrifugal, cetak tekan, die casting yang dapat meningkatkan sifat mekaniknya.
2. Hasil piston pengecoran gravitasi masih banyak terdapat porositas, maka penelitian lanjutan perlu memperhatikan tekanan penuangan dan udara jebakan.
3. Material piston bekas banyak impuriti karena kurangnya kebersihan menyebabkan sifat mekaniknya menurun. Maka penelitian lanjutan pada material piston bekas yang sama perlu dilakukan pembersihan yang baik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Norwood A.J., Dickens P.M., 2007, "Surface Temperature of Tools during the High Pressure Die Casting of Aluminium" ,Proc. I Mech E Vol. 221 PartB: J. Engineering Manufacture, Loughborough UK, pp 1659-1664
- [2] Budinski., 2001," Engineering Materials Properties and Selection," PHI New Delhi, pp. 517–536"
- [3] Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik. (edisi kedua)*.Jakarta: Pradnya Paramita
- [4] Priono, 2009 "analisa hasil pengecoran aluminium dengan variasi media pendinginan"
- [5] Nurhadi, 2007 "Studi Karakteristik Material Piston dan Pengembangan Pototipe Piston Berbasis Limbah Piston Bekas", Universitas Diponegoro
- [6] Faried Pradhana, 2012 "<https://fariedpradhana.wordpress.com/2012/04/22/uji-kekerasan-logam/>",
- [7] Rudi siswanto, 2014 "Analisis pengaruh temperatur dan waktu peleburan terhadap komposisi Al dan Mg menggunakan metode pengecoran tuang" Akademi teknik pembangunan nasional.
- [8] Supriyanto, 2009 "Analisi hasil pengecoran aluminium dengan variasi media pendinginan" Universitas Janabadra, Yogyakarta.
- [9] Latif kuncoro wasmi apris, Dedy masnur, M. Dalip 2016 "Studi karakteristik mekanik dan struktur mikro coran aluminium minuman kaleng"
- [10] Pengujian B2TKS-BPPT, serpong, Tangerang.