



Pemanfaatan Besi Scrap Sebagai Bahan Dasar Industri Peleburan Baja

Suyanto[✉], Riyanto Wibowo, Sri Pramono

Fakultas Kemaritiman, Universitas IVET, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.31331/maristec.v1i2>

Info Articles

Sejarah Artikel:

Disubmit November 2020
Direvisi Desember 2020
Disetujui Januari 2021

Keywords:

Scrap iron, smelting, concrete reinforcing steel, composition test

Abstrak

Banyak industri baja yang menggunakan bahan scrap sebagai bahan dasarnya, baik pada industri mesin maupun industri logam. Alasan penggunaan scrap karena bahan ini mudah didapat, memiliki nilai komparatif yang tinggi, memiliki komposisi kimia yang masih sangat memungkinkan untuk diolah lebih lanjut, serta dapat mengurangi permasalahan yang berkaitan dengan limbah logam. Bahan scrap memiliki jenis dan komposisi kimia yang tidak seragam. Kesalahan dalam menentukan jenis dan komposisi bahan dasar akan berisiko menghasilkan produk yang spesifikasinya tidak sesuai dengan yang diharapkan. Untuk itu sebelum diolah scrap terlebih dahulu harus dikelompokkan sesuai jenisnya, selanjutnya perlu diketahui terlebih dahulu komposisi kimiawi dari tiap jenis bahan besi bekas tersebut. Perhitungan komposisi bahan sebelum peleburan harus tepat, mengacu pada standar komposisi kimia yang menjadi acuan. Produksi besi tua menjadi baja tulangan beton di PT Abadi Jaya Manunggal menunjukkan bahwa besi tua dapat didaur ulang dan diproses menjadi baja tulangan untuk beton dengan memperhatikan komposisi scrap yang benar. Hasil uji komposisi kimiawi peleburan besi tua menunjukkan komposisi yang identik dengan baja grade 250. Hasil penghitungan ekuivalen karbon adalah 0,317%, lebih rendah dari batas maksimum yang disyaratkan 0,6%.

Abstract

Many steel industries use scrap material as their basic material, both in the machine industry and the metal industry. The reason for using scrap is because this material is easy to obtain, has a high comparative value, has a chemical composition that is still very possible for further processing, and can reduce problems related to metal waste. Scrap material has a non-uniform type and chemical composition. The mistake in determining the type and composition of the basic ingredients will risk producing products whose specifications are not as expected. For that, before scrap is processed, it must first be grouped according to its type, then it is necessary to know in advance the chemical composition of each type of scrap ferrous material. Calculation of material composition before smelting must be precise, referring to the chemical composition standard that becomes the reference. The production of scrap iron into concrete reinforcing steel at PT Abadi Jaya Manunggal shows that scrap iron can be recycled and processed to produce reinforcing steel for concrete by taking into account the correct scrap composition. The chemical composition test results of scrap iron smelting show a composition identical to that of grade 250 steel. The result of the calculation of carbon equivalent is 0.317%, lower than the required maximum limit of 0.6%.

[✉]Alamat Korespondensi:

E-mail: suyantoeste@yahoo.com

PENDAHULUAN

Baja adalah material logam yang unsur penyusun utamanya adalah besi (Fe) dengan unsur pemadu utama adalah karbon (C), sehingga sering disebut dengan baja karbon. Komposisi karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1%. Unsur-unsur lain yang terdapat dalam baja karbon namun dengan persentase sangat kecil sering disebut dengan pengotor, diantaranya unsur-unsur Cu, Sn, Ni, Zn, dan Pb. Baja yang diolah dengan proses lanjut pelapisan untuk tujuan pencegahan korosi dan tujuan keindahan biasanya mempunyai unsur tambahan Cr, Ni, Zn, Pb dan Al. Baja yang diolah dengan proses lanjut berupa penguatan biasanya mempunyai unsur tambahan Ti, Cr, Ni, Co, V dan W [1].

Tingkat penggunaan baja atau lebih sering diistilahkan sebagai konsumsi baja per kapita Indonesia adalah sekitar 52 kg per tahun. Sebagai pembandingan tingkat konsumsi baja per kapita negara tetangga diantaranya Singapura 488 kg per tahun, Malaysia 299 kg per tahun, Thailand 239 kg per tahun, Vietnam 277 kg per tahun, Filipina 94 kg per tahun. Secara nasional konsumsi baja Indonesia sekitar 13,6 juta ton, sementara produksi baja nasional hanya sekitar 5,2 juta ton. Gap antara konsumsi baja dengan produksi baja nasional sekitar 8,4 juta ton atau 62% diisi oleh produk impor. Pertumbuhan industri baja domestik terhalang diantaranya oleh sulitnya untuk memperoleh bahan baku berupa baja bekas atau skrap, yang sebagian besar juga berasal dari impor. Hal ini karena bahan tersebut dikategorikan sebagai limbah B3. Mahalnya energi primer yang digunakan dalam proses pengolahan juga menambah kendala yang ada [2].

Baja diproduksi dari bahan dasar bijih besi yang diperoleh dari hasil tambang. Adakalanya baja diproduksi dengan memanfaatkan besi rongsok atau scrap. Scrap oleh sebagian masyarakat dipandang sebagai bahan yang kurang bernilai, ketika di daur ulang dengan proses yang tepat akan menghasilkan baja yang secara ekonomis bernilai lebih tinggi. Sekarang cukup banyak industri baja yang memanfaatkan bahan scrap sebagai bahan dasarnya, baik industri mesin maupun industri logam. Alasan penggunaan scrap adalah karena bahan ini mudah didapatkan terutama dari para pengepul besi bekas, serta jika dibandingkan dengan bahan yang diperoleh dari proses ekstraksi bijih besi, scrap memiliki nilai komparatif yang tinggi. Keuntungan yang lain ketika menggunakan bahan scrap adalah bahan ini memiliki komposisi kimia yang masih sangat memungkinkan untuk diproses lebih lanjut menjadi produk komersial. Pemanfaatan scrap juga merupakan salah satu hal yang bisa mengurangi permasalahan terkait sampah dan limbah.

Beberapa kota di Jawa Tengah mempunyai Industri pengolahan logam baik baja maupun aluminium. Diantaranya yang terkenal adalah Tegal, Klaten, dan Pati. Di kota kendal tepatnya di Kaliwungu terdapat industri pengolahan baja yaitu PT Abdi Jaya Manunggal (PT AJM). PT Abadi Jaya Manunggal mulai memproduksi besi beton (beton nesor) dengan produk meliputi besi beton polos dan ulir dengan variasi produk berukuran mulai 6 mm sampai dengan 12 mm. PT Abadi Jaya Manunggal menargetkan total kapasitas produksi terpasang sebesar 20.000 ton. PT AJM juga memanfaatkan baja scrap sebagai bahan utama dalam peleburan logamnya.

Dalam industri pengolahan logam, salah satu hal yang perlu diperhatikan terkait dengan hasil produksi adalah persiapan bahan dasar yang akan dioleh. Karena kesalahan dalam menentukan jenis dan komposisi bahan dasar akan beresiko menghasilkan produk yang spesifikasinya tidak sesuai dengan yang diharapkan. Bahan scrap yang dijadikan bahan dasar pengolahan logam, tentunya memiliki jenis dan komposisi kimia yang tidak seragam. Tidak seperti bahan dasar yang diperoleh dari hasil pengolahan bijih besi. Untuk itu sebelum scrap diproses, harus dikelompokkan dulu sesuai dengan jenisnya, kemudian perlu diketahui terlebih dahulu komposisi kimia dari setiap jenis bahan besi scrap. Data awal komposisi kimia ini yang kemudian menjadi pegangan untuk menentukan persentase setiap jenis bahan scrap yang diolah, mengacu pada komposisi kimia standar produk yang dihasilkan.

Disamping komposisi kimia dari setiap jenis scrap, perlu dipertimbangkan juga unsur-unsur pengotor yang terdapat dalam baja, yang akan mempengaruhi sifat baja tersebut. Unsur Cu dapat memicu terjadinya kerusakan pada saat proses deformasi panas, unsur Sn akan memicu kerusakan pada proses deformasi panas dan dingin, unsur Ni berpengaruh pada bahan yang akan mempunyai sifat terlalu keras, unsur Zn dapat memicu timbulnya uap putih pada saat casting, dan unsur Pb dapat memicu kerusakan pada saat proses deformasi panas. Untuk mengeliminasi pengaruh negatif dari unsur pengotor tersebut, maka perlu dilakukan pengeliminasian unsur-unsur pengotor. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah dengan metode bubbling. Secara prinsip metode bubbling dilakukan dengan meniupkan oksigen (O_2) melewati logam cair, dan unsur-unsur pengotor akan teroksidasi atau bereaksi dengan O_2 , seperti Si, Mn, B, Al, Zn, Pb, Cu, Ni, dan Co. Namun unsur-unsur dengan kemampuan oksidasi diatas FeO seperti Mn, B, Si, dan Al lebih mudah tereliminasi dibanding dengan unsur-unsur yang mempunyai kemampuan oksidasi di bawah FeO seperti Pb, Co, Cu, dan Ni.

Penelitian untuk melakukan eliminasi Al dan Zn dengan metode bubling juga pernah dilakukan [3]. Unsur Zn mudah hilang atau tereliminasi dengan proses penguapan, sedangkan unsur Al akan tereliminasi dengan oksidasi oleh O₂. Pengecilan gelembung udara bubling akan mempercepat oksidasi unsur Al.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT Abadi Jaya Manunggal yang beralamat di Nolakerto, Kaliwungu. Proses peleburan baja skrap dimulai dari pemilahan hingga produk yang siap dipasarkan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengelompokan Baja Skrap

Pengelompokan dan pemilihan baja skrap berdasarkan komposisi kimianya saat sebelum dilakukan proses peleburan, bahan skrap dipilah berdasarkan jenisnya. Penggolongan ini biasanya dengan melihat bahan dasar dari skrap yaitu skrap dengan bahan dasar plat baja, skrap dengan bahan dasar baja profil, dan skrap dengan bahan dasar besi beton. Adapun komposisi kimia masing-masing bahan dasar tersebut sesuai dengan SNI 7563:2011[4] bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia Baja Profil, Plat Baja, dan Baja Batang Tulangan

Nama Bahan	Persentase Komposisi					
	C	Mn	P	S	Si	Cu
Baja Profil	0,26	-	0,04 max	0,05 max	0,04 max	0,20
Plat Baja	0,25-0,27	0,8-1,2	0,04 max	0,05 max	0,15-0,4	0,20
Batang Tulangan	0,26-0,28	0,6-0,9	0,04 max	0,05 max	0,04 max	0,20

2. Penentuan komposisi skrap

Produk yang dihasilkan pada peleburan baja PT AJM adalah baja karbon rendah yang setelah peleburan akan di proses menjadi baja tulangan beton atau baja acer melalui beberapa tahap pengerolan. Setelah skrap dilebur dilakukan uji komposisi di laboratorium uji komposisi PT AJM. Adapun target komposisi yang dijadikan acuan PT AJM dalam bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Komposisi Kimia Billet

C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Cu
0,13-0,32	0,13-0,30	0,40-0,70	<0,04	<0,04	<0,25	<0,01	<0,2

Lab. Uji Komposisi PT Abadi Jaya Manunggal

Beberapa alternatif komposisi skrap yang bisa digunakan dalam peleburan sebagai bisa dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 3. Komposisi Skrap I

		C	Mn	P	S	Si	Cu
Bahan Skrap yang Dilebur	Baja Profil (50%)	0,13	0	0,02	0,02	0,02	0,1
	Plat Baja (20%)	0,054	0,24	0,008	0,008	0,08	0,04
	Batang Tulangan (30%)	0,084	0,27	0,012	0,012	0,012	0,06
Ingot yang dihasilkan		0,268	0,51	0,04	0,04	0,112	0,2
KOMPOSISI STANDAR		0,13-0,32	0,4-0,7	<0,04	<0,04	0,13-0,30	<0,2

Tabel 4. Komposisi Skrap II

		C	Mn	P	S	Si	Cu
Bahan Skrap yang Dilebur	Baja Profil (30%)	0,078	0	0,012	0,012	0,012	0,06
	Plat Baja (20%)	0,054	0,24	0,008	0,008	0,08	0,04
	Batang Tulangan (50%)	0,14	0,45	0,02	0,02	0,02	0,1
Ingot yang dihasilkan		0,272	0,69	0,04	0,04	0,112	0,2
KOMPOSISI STANDAR		0,13-0,32	0,4-0,7	<0,04	<0,04	0,13-0,30	<0,2

Tabel 5. Komposisi Skrap III

		C	Mn	P	S	Si	Cu
Bahan Skrap yang Dilebur	Baja Profil (50%)	0,13	0	0,02	0,02	0,02	0,1
	Plat Baja (0%)	0	0	0	0	0	0
	Batang Tulangan (50%)	0,14	0,45	0,02	0,02	0,02	0,1
Ingot yang dihasilkan		0,27	0,45	0,04	0,04	0,04	0,2
KOMPOSISI STANDAR		0,13-0,32	0,4-0,7	<0,04	<0,04	0,13-0,30	<0,2

Contoh alternatif komposisi skrap sebelum peleburan dan perkiraan komposisi kimia ingot yang dihasilkan bisa dilihat pada tabel 1,2, dan 3 di atas. Jika ada unsur yang persentasenya kurang, maka bisa ditambahkan unsur tersebut dengan memasukkan master alloy atau bahan dengan komposisi utama unsur yang kurang tersebut. Misal pada simulasi perhitungan di atas ingot berpotensi mempunyai kekurangan unsur Si, maka pada peleburan bisa ditambahkan master alloy Si atau bahan dengan unsur utama Si.

3. Peleburan dengan dapur listrik

Bahan skrap yang sudah dipilih kemudian dilebur dengan memasukkan ke dalam dapur listrik atau dapur induksi. Proses dalam dapur induksi dilakukan sampai logam mencair. Kisaran suhu target adalah 1600 °C-1800 °C. Setelah logam mencair kemudian ladle diangkat dan logam cair dituangkan dalam kolom cetakan berpendingin air, dan keluar dalam bentuk billet. Billet yang warnanya masih kemerahan kemudian melewati proses pengerolan bertingkat, hingga didapatkan besi tulangan beton dengan diameter sesuai yang diinginkan. Ada dua jenis besi tulangan beton yang diproduksi yaitu polos dan sirip. Besi tulangan beton polos yang dihasilkan yaitu dengan diameter nominal 6 mm hingga 50mm. Sedangkan untuk besi tulangan beton bersirip diameter nominal 6 mm hingga 57mm. Proses pengolahan baja skrap dalam dapur listrik bisa dilihat pada Gambar 1.



(a)



(b)



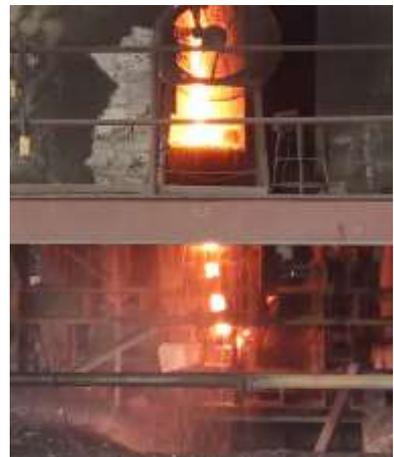
(c)



(f)



(e)



(d)



(g)



(h)



(i)

Gambar 1 : Proses peleburan baja skrap (a) Skrap diangkat menggunakan magnet untuk dimasukkan ke tungku peleburan, (b) tungku peleburan dengan dapur induksi, (c) ladle diangkat dan dituangkan dalam komom cetakan berpendingin air, (d) kolom cetakan berpendingin air (e) ingot keluar dari kolom pendingin (f) ingot melalui konveyor untuk menuju proses pengerolan lanjut, (g) tahap pengerolan (h) baja acer selesai diproses (i) baja acer siap dikirim.

DATA DAN ANALISA

Uji komposisi kimia dilakukan pada spesimen hasil peleburan logam. Pada proses peleburan di PT AJM. Setiap hasil peleburan dari tungku yang ada selalu diuji komposisi kimianya. Pengujian dilakukan di laboratorium uji komposisi PT AJM dengan alat spektro meter seperti Gambar 2.



(a) (b)
Gambar 2 : (a) Spektro Meter , (b) Displai hasil uji komposisi

Komposisi hasil pengujian spesimen peleburan tiap dapur bisa dilihat pada tampilan monitor. Ketika hasil pengujian menunjukkan komposisi kimia yang kurang sesuai maka ada beberapa hal yang akan dilakukan. Jika komposisi unsur tertentu maka suhu peleburan akan dinaikkan, dengan tujuan untuk memicu penguapan pada unsur tertentu sehingga persentasenya berkurang. Jika komposisi unsur tertentu kurang, maka akan dilakukan penambahan unsur. Unsur yang biasanya ditambahkan adalah Mn dan atau Si. Setelah teratmen tersebut dilakukan, uji komposisi di dilakukan lagi untuk melihat apakah komposisi kimia hasil peleburan sudah tepat. Baru kemudian dilakukan proses penuangan dan pendinginan untuk menghasilkan ingot.

Hasil uji komposisi selain di ditampilkan di monitor, juga dicatat dalam logbook yang ditandatangani oleh penanggung jawab laboratorium yaitu Analys dan mengetahui pimpinan perusahaan yaitu Factory Manager. Adapun hasil uji komposisi dari beberapa proses peleburan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi Kimia Hasil Peleburan Skrap

Tuang Ke/ Asal	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Cu	Temp. (C)	Added	
	0,13-0,32	0,13-0,30	0,40-0,70	<0,04	<0,04	<0,25	<0,01	<0,2		Mn	Si
1/4B	0,25	0,08	0,13	0,04	0,01	0,21	0,01	0,17	1730	23	-
	0,17	0,14	0,67	0,02	0,01	0,10	0,01	0,15			
1/1B	0,13	0,07	0,10	0,04	0,01	0,19	0,01	0,05	1791	35,10	-
	0,20	0,18	0,56	0,03	0,03	0,06	0,01	0,10			
1/2A	0,13	0,10	0,10	0,04	0,04	0,08	0,01	0,05	1740	38,10	-
	0,17	0,17	0,47	0,01	0,01	0,09	0,04	0,06			
1/3B	0,14	0,10	0,17	0,01	0,01	0,26	0,03	0,07	1676	30	-
	0,17	0,16	0,50	0,01	0,01	0,08	0,01	0,09			
Rata-Rata	0,18	0,16	0,55	0,02	0,02	0,08	0,02	0,10	1734		

Komposisi kimia hasil uji di atas menunjukkan kandungan masing-masing unsur rata-rata C=0,18%, Si=0,16%, Mn=0,55%, P=0,02%, S=0,02%, Cr=0,08%, Al=0,02%, dan Cu=0,10%. Komposisi kimia hasil peleburan jika dibandingkan dengan komposisi kimia Standar SNI 7563:2011[4] bersesuaian dengan persyaratan komposisi kimia baja profil kelas 250, seperti bisa dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Persyaratan Komposisi Kimia Kelas 250 (analisa satu peleburan)

Unsur	Jenis Profil							
	Semua ^{a)} Profil	Pelat dengan ketebalan ^{b)}				Batang tulangan dengan diameter ^{b)}		
		sampai dengan 20 mm	Lebih besar dari 20 mm sampai dengan 40 mm	Lebih besar dari 40 mm sampai dengan 65 mm	Lebih besar dari 65 mm sampai dengan 100 mm	Sampai dengan 20 mm	Lebih besar dari 20 mm sampai dengan 40 mm	Lebih besar dari 100 mm
Karbon, maksimum	0,26	0,25	0,25	0,26	0,27	0,26	0,27	0,28
Mangan	-	-	0,80 sampai dengan 1,20	0,80 sampai dengan 1,20	0,85 sampai dengan 1,20	-	0,60 sampai dengan 0,90	0,60 sampai dengan 0,90
Fosfor, maksimum	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Sulfur, maksimum	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Silikon	maksimum 0,40	maksimum 0,40	maksimum 0,40	0,15 sampai dengan 0,40	0,15 sampai dengan 0,40	maksimum 0,40	maksimum 0,40	maksimum 0,40
Tembaga, minimum bila baja tembaga ditentukan	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Nilai karbon ekuivalen (Ceq) pada baja kelas 250 disyaratkan tidak melebihi 0,6% SNI 2052:2017 [5]. Dengan demikian nilai Ceq bisa dihitung dengan persamaan (1).

$$Ceq = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14 \dots\dots\dots(1)$$

$$Ceq = 0,18 + 0,55/6 + 0,16/24 + 0 + 0,08/5 + 0 + 0$$

$$Ceq = 0,18 + 0,09 + 0,007 + 0,04$$

$$Ceq = 0,317$$

Nilai karbon ekuivalen hasil perhitungan menunjukkan angka 0,317 % dibawah syarat 0,6%, sehingga produk yang dihasilkan memenuhi syarat.

KESIMPULAN

1. Besi skrap bisa dilebur ulang dan diproses untuk memproduksi baja tulangan beton dengan memperhitungkan komposisi skrap yang tepat.
2. Hasil uji komposisi kimia peleburan besi skrap menunjukkan komposisi yang identik dengan baja kelas 250.
3. Hasil perhitungan karbon ekuivalen adalah 0,317%, lebih rendah dari batas maksimal yang disyaratkan yaitu 0,6%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wismogroho, A.S., Rochman, N.T., 2006, "Simulasi Eliminasi Pengotor pada Proses Peleburan Besi/Baja dari Bahan Baku Skrap dan Pasir Besi dengan Metode Compound", *Jurnal Sains Material Indonesia*, Vol. 8, NO. 1, 7-11.
- [2] Pambagyo, Agus, 2019, "Persoalan Berat Industri Baja Nasional", <https://news.detik.com/kolom>, 12 Desember 2019.
- [3] H. Nakea, 2001, "Technical Review for Cast Iron Melting and Quality of Castings", *Journal of Japan Foundry Engineering Society*, Vol. 72, No. 2, 128-133.
- [4] SNI 7563, (2011), "Spesifikasi profil, pelat, dan batang tulangan baja struktural dari baja karbon dan baja paduan rendah kekuatan tinggi, serta pelat baja struktural paduan hasil quen dan temper untuk jembatan", Badan Standardisasi Nasional.
- [5] SNI 2052, (2017), "Baja Tulangan Beton", Badan Standardisasi Nasional.