

## ***Analisa Pengaruh Casting Speed dan Superheat Terhadap Cacat Permukaan Slab Baja Grade 1A0804***

**Herdi Susanto**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

Email : herdisusanto@utu.ac.id

### ***Abstract***

Increasing the life of the continuous casting machine causes a defect on the surface of the steel slab, it takes some corrective measures for the casting process, such as by redefining and updating the standard operating parameters that influence the casting process with a review of the surface defects. This research was conducted at the Division of Steel Slab Plant II PT. Krakatau Steel using casting machine kontiyu Low head machine with a straight mold, angle and transverse crack at grade steel slab 1A0804. The result showed the operating parameters are better at  $\leq 1.30$  casting speed  $< 1.35$  m/min and  $25^{\circ} < \text{superheat} \leq 30^{\circ}$  C. From these results it can be concluded that the standard operating parameters of continuous casting to casting speed of 1.4 m / min is important to be updated and superheat  $30^{\circ}\text{C}$  can still be used

Keywords : steel 1A0804, casting speed, superheat, angle crack, transverse crack

### **I. PENDAHULUAN**

Sejalan dengan tuntutan akan persyaratan kualitas produk semakin ketat khususnya terhadap kegiatan industri yang memanfaatkan plat baja sebagai baku utama, perlu diambil langkah-langkah nyata untuk dapat memenuhi persyaratan tersebut dalam rangka meningkatkan kepuasan pelanggan (*Customers Satisfication*). Mutlak diperlukan keterkaitan industri hulu dan hilir, sehingga proses produksi merupakan suatu rangkaian yang utuh dan terpadu. Industri hulu sebaiknya dapat mengantisipasi kebutuhan untuk industri berikutnya, dan keterlambatan dalam mengantisipasi kebutuhan konsumen mengakibatkan hilangnya peluang untuk mendapatkan pangsa pasar yang potensial.

Sehubungan dengan semakin bertambahnya masa pakai peralatan proses pengecoran dan semakin meningkat timbulnya beberapa cacat permukaan pada slab baja maka perlu diambil beberapa langkah dalam hal proses produksi guna memperbaiki dan menambah kualitas slab baja yang dihasilkan. Disamping manusia sebagai sumber daya yang paling utama, tingkat teknologi yang dimiliki sangat menentukan: kualitas dan dengan tingkat otomasi yang tinggi dapat menghindari terjadinya kesalahan karena manusia (*human error*), tetapi tingkat otomasi yang tinggi perlu didukung oleh sumber daya manusia yang handal.

Penelitian ini dilakukan dengan menghubungkan pengaruh *casting speed* dan *superheat* terhadap jenis dan kelas cacat permukaan yang timbul pada permukaan slab baja.

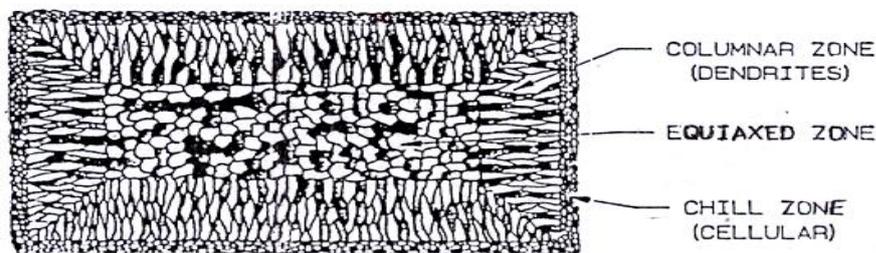
Dalam penelitian ini diharapkan akan dapat ditentukan ketepatan harga atau daerah parameter operasi yang tepat digunakan (*Standard Operation Procedure*) di Divisi Pabrik Slab Baja II PT. Krakatau Steel, Indonesia.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Struktur Baja Cor

Dengan pengecoran dapat dihasilkan ingot atau produk cor kontinu, yang untuk pengerjaan selanjutnya menjadi barang jadi atau barang setengah jadi, atau untuk dicor kembali menjadi produk jadi dengan pengerjaan atau permesinan lanjut. Struktur bahan coran sangat penting karena berkaitan dengan berbagai sifat bahan, khususnya sifat mekanik, yang bergantung pada bentuk butir dan besar butir. Pada produk cor (R.E. Smallman, 1991:108) terdapat tiga daerah dengan struktur butir yang berlainan (gambar 1):

- Daerah cil (*Chill zona*) adalah suatu lapisan batas pada dinding cetakan, terdiri atas butir kristal dengan sumbu yang sama dan arah struktur acak.
- Daerah kolom (*Columnar zona*) yaitu lapisan yang terdiri atas kristal memanjang dengan arah sejajar dengan aliran panas.
- Daerah sama sumbu (*Equiaxed zona*) yaitu daerah terpusat dengan kristal yang



Gambar 1. Zona internal baja cor

Sumber : Technical Documentation SSP 2, PT. KS, 1993

Batas butir terjadi karena pertumbuhan butir terpaku dan pengaruh sumber kristalografi, khususnya karena akumulasi ketidakmurnian unsur terlarut dan tak terlarut yang mungkin terjadi. Jadi, efek batas butir tersebut tergantung pada perubahan orientasi pada batas dan pada sifat khusus batas butir tersebut. Batas butir merupakan jejak untuk perambatan retak, khususnya bila terdapat segregasi bahan terlarut, perambatan retak dapat berlangsung dengan mudah (W.O. Alexander, et al, 1991:100).

### 2.2. Proses Penting dalam Pengecoran Kontinyu Slab Baja

#### 2.3.1. Profil Temperatur

Slab mulai terbentuk didalam cetakan (*mould*) yang didinginkan berupa lapisan atau kulit yang sangat tipis. Baja pada permukaan lelehan yang kontak dengan permukaan *mould* dinamakan *meniscus*. Lapisan kulit mulai terbentuk pada *meniscus* dan terus tumbuh kedalam sepanjang *mould*. Saat meninggalkan dinding *mould*, lapisan ini harus dapat menahan beban yang berasal dari tekanan ferostatik (tekanan kebawah dan keluar yang berasal dari lelehan baja dari dalam lapisan), gaya penarikan dan tegangan thermal. Kegagalan untuk menahan tegangan-tegangan ini akan menghasilkan "break out" atau retak (TD SSP II, 1993:1).

Temperatur dimana solidifikasi mulai terjadi dinamakan temperatur liquidus. Baja cair yang dialirkan dari *tundish* biasanya memiliki temperatur 20° sampai 30° di atas temperatur liquidus. Panas yang dimiliki baja cair diatas temperatur liquidus dinamakan *superheat* (TD SSP II, 1993:1).

$$\text{Superheat} = T_T - T_L \quad (2.1)$$

Dimana:  $T_T$  = temperatur baja dalam tundish

$T_L$  = temperatur liquidus

Seiring dengan meningkatnya karbon dan kandungan unsur paduan, temperatur liquidus akan menurun sesuai dengan persamaan berikut :

$$T_L = 1536 - (78\%C + 7.6\%Si + 4.9\%Mn + 34.4\%P + 30\%S + 5\%Cu + 3.1\%Ni + 1.3\%Cr + 3.6\%Al + 2\%Mo + 2\%V + 1.6\%Ti) \quad (2.2)$$

Pengaruh temperatur casting pada proses solidifikasi sangat besar dan berkaitan dengan kualitas dari produk akhir. Temperatur casting yang tinggi akan menyebabkan porositi inti (*core porosity*), butiran yang kasar, retak tarik (*tension crack*), meningkatkan laju *breakout* dan juga meningkatnya segregasi. Temperatur casting yang rendah akan menyebabkan cacat permukaan dan pendinginan baja cair pada nozzle (TD SSP II, 1993:3).

### 2.3.2. Metallurgical Length

Hubungan ketebalan lapisan selama solidifikasi meningkat sebagai fungsi akar kuadrat dari waktu, dan ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$X = K \sqrt{t} \quad (2.3)$$

Dimana: X= tebal lapisan strand (mm)

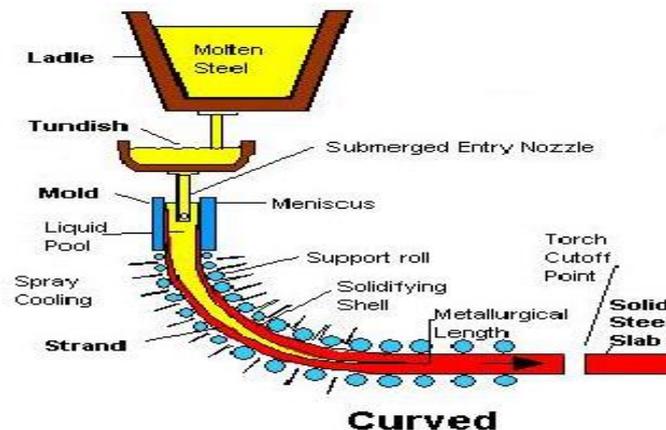
K = konstanta (mm/min<sup>-0,5</sup>)

t = waktu (min)

Konstanta K bervariasi sesuai dengan *grade* baja dan bentuk *casting*, dan dapat diambil pendekatannya sebagai berikut:

K = 26 untuk baja paduan

K = 27 untuk baja karbon rendah



Gambar 2 Solidifikasi strand di mesin pengecoran kontiyu

Sumber : Thermal Analysis Of Continuous Casting Proses, Belete Kiflie and Dr.-Ing. Demiss Alemu,2000

Setiap mesin casting menghasilkan besar *metallurgical length* yang berbeda. *Metallurgical length* adalah jarak dari *level mould* ke titik tertentu dalam suatu mesin *concast* yang diperlukan agar baja cair membeku. Dengan mensubstitusikan waktu sebagai *metallurgical length* dibagi kecepatan casting maka akan didapatkan hubungan sebagai berikut :

$$X = K \sqrt{(M/V)} \quad (2.4)$$

Dimana: X = tebal lapisan strand (mm)

K = konstanta (mm/min<sup>-0,5</sup>)

M = metallurgical length (m)

V = kecepatan casting (m/min)

**2.3.3. Kecepatan Pengecoran (Casting Speed)**

Strand cenderung menggebu karena tekanan ferostatik dari baja cair, keseluruhan *metallurgical length* pada mesin harus dijaga dengan roll-roll yang berjarak dekat dan kecepatan casting harus dibatasi agar solidifikasi yang sempurna terjadi pada daerah *metallurgical length*.

*Casting speed* maksimum sebagai fungsi dari *metallurgical length* dapat dihitung sebagai berikut :

Dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$X = K \sqrt{M} / \sqrt{V}$$

atau

$$V = M K^2 / X^2 \tag{2.5}$$

- Dimana: X = tebal lapisan strand (mm)  
 V = *Casting speed* maksimum (m/min)  
 M = *metallurgical length* (m)  
 t = M/V

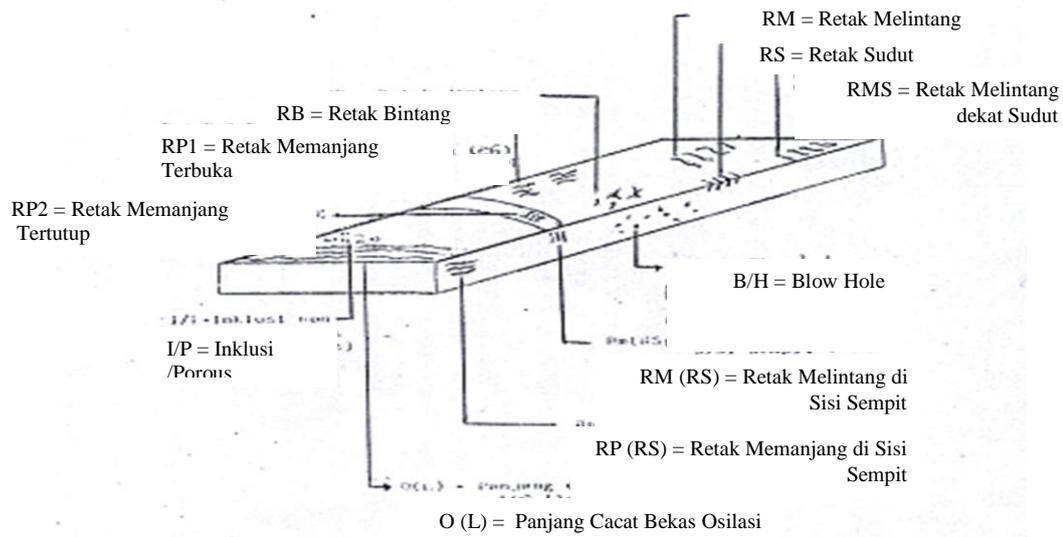
*Casting speed* maksimum kebalikan dari akar kuadrat tebal strand. Semakin tebal strand, *casting speed* maksimum harus diturunkan secara drastis. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produktivitas tidak dapat ditingkatkan dengan sekedar meningkatkan ketebalan *strand* (TD SSP II, 1993:5).

**2.4. Jenis Cacat Pada Slab Baja**

Pada proses pembuatan slab baja, cacat dapat terjadi baik di bagian permukaan maupun di bagian dalam slab baja dan di Pabrik Slab Baja II cacat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu cacat permukaan, cacat internal dan cacat bentuk.

**2.4.1. Cacat permukaan**

Cacat Permukaan merupakan jenis cacat yang timbul pada permukaan dari slab, cacat permukaan ini dikelompokkan berdasarkan jenisnya, beberapa diantaranya yaitu: Retak Longitudinal, Retak Transversal, Retak Bintang, Retak Sudut.



Gambar 3. Jenis retak permukaan pada slab baja  
 Sumber : Standard Operation Procedure SSP II PT. KS, 1999

Cacat permukaan berdasarkan banyaknya cacat pada slab diklasifikasikan sesuai dengan tabel 1 :

Tabel 1. Kelas cacat permukaan slab baja

Kelas Cacat	Banyak cacat/meter	
	< 5/m atau < 20/btg	≥ 5/m atau ≥ 20/btg
Ringan/ Dangkal	1	2
Berat/ Dalam	3	4

Sumber : Standard Operation Procedure SSP II PT.KS, 1999

#### **2.4.1.1. Retak Melintang (*Transversal crack*)**

Biasanya retak ini terbentuk di daerah di bawah mould akibat gaya gesek yang besar, retak ini bisa bertambah besar akibat tegangan mekanis dan thermal yang besar. Temperatur di daerah ini cenderung turun di bawah batas 900°C. Turunnya temperatur strand ditambah dengan pembengkokan dan pelurusan akan menimbulkan transversal crack. Secara singkat hal-hal yang dapat mengakibatkan terjadinya retak transversal antara lain (TD SSP II, 1993:24) :

- 1). tingginya gaya gesek strand terhadap mould akibat *casting powder* tidak tepat;
- 2). kondisi pendinginan yang tidak stabil di *secondary cooling* akibat tersumbatnya nozzle pendingin;
- 3). tingginya sudut gesek strand akibat tidak sejajarnya dudukan rol mesin;
- 4). tekanan pada rol penarik strand (*driven rollers*) terlalu tinggi;
- 5). tidak stabilnya frekuensi osilasi mould.

#### **2.4.1.2. Retak Sudut (*Corner Crack*)**

Sifat penggetasan pada strand terjadi pada temperatur 700° hingga 900°C. Timbulnya sifat penggetasan dimulai oleh adanya kesulitan dalam proses pertumbuhan dan rekristalisasi dinamik inti-inti ferit proektoid pada batas butir austenit. Oleh karena pergeseran bidang ini tertahan oleh lapisan ferit yang terpresipitasi pada batas butir austenit, maka hal ini dapat menimbulkan terjadinya konsentrasi tegangan, sehingga daerah batas butir menjadi rapuh dan getas. Timbulnya sifat penggetasan antar butir bersamaan dengan adanya tegangan statik yang berkerja dalam waktu relatif singkat akan menyebabkan terjadinya cacat retak sudut. Hal-hal lain yang dapat menimbulkan retak sudut, antara lain (TD SSP II, 1993:26) :

- 1). tidak stabilnya casting powder;
- 2). mould gap terlalu besar;
- 3). pendinginan terlalu berlebihan di sisi sempit mould (*narrow sides*);
- 4). pengaturan zona bending dan pelurusan (*straightening*) tidak tepat;
- 5). kadar sulphur dalam baja berlebihan.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Sumber Data**

Data penelitian ini diperoleh dari hasil penelitian yang dilaksanakan di Divisi Pabrik Slab Baja II PT. Krakatau Steel, Propinsi Banten, dari tanggal 6 Juli sampai dengan 13 Agustus 2004,

#### **3.2. Material/Bahan Yang Digunakan**

Material yang digunakan adalah slab baja dengan *steel grade* 1A 0804 dengan komposisi kimia sesuai dengan tabel 2. berikut

Tabel 2. Komposisi Kimia Steel Grade 1A 0804

	Komposisi Kimia (%)														
	C	Mn	Al	P	S	Cu	Mo	Sn	Si	Ni	Cr	V	Ti	nb	n
Min	0.060	0.250	0.025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maks	0.080	0.40	0.05	0.02	0.01	0.09	0.02	-	0.04	0.09	0.07	0.015	0.010	0.010	0.060

Sumber: Dokumentasi Desain Produk Divisi Risbang Produk PT. Krakatau Steel

### 3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilaksanakan secara langsung yaitu pengambilan data dilapangan dan secara tidak langsung yaitu studi literatur terhadap teori-teori yang didapatkan dari dokumen teknik, jurnal, dan kumpulan penelitian serta buku-buku teks.

#### 3.3.1. Prosedur Operasi Pengecoran Kontinyu (*Continuous Casting*)

Sebelum pengecoran, maka dilakukan persiapan yaitu tundish yang kering ditempatkan dengan crane kedalam tundish car dan dibawa ke tempat preheat. Disini bagian tundish dipanaskan sampai temperatur 1000°C. *Dummy bar head* kemudian dipasang 600 mm dari tepi atas mould yang berfungsi sebagai penyumbat awal mould. Setelah pemasangan *packing dummy bar* selesai, tahap selanjutnya adalah mengatur mould taper. *Mould taper* adalah pengaturan bagian atas dan bawah mould (bagian atas lebih besar daripada bagian bawah) untuk memastikan terjadinya transfer panas karena saat lapisan *strand* mendingin baja akan mengkerut, menarik baja dari cetakan dan menyebabkan perpindahan panas menjadi pelan. *Mould taper* juga berfungsi untuk mengurangi terjadinya *bulging* akibat tekanan ferostatik yang menyebabkan lapisan *strand* membenjol dan bergerak kembali ke dinding cetakan.

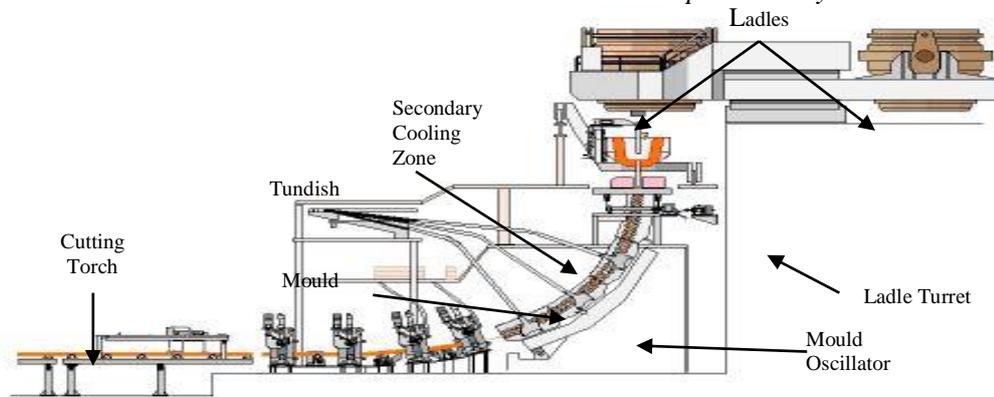
Jika semua persiapan kondisi awal casting telah dipenuhi dan parameter *casting speed*, laju aliran air, osilasi, panjang pemotongan, dan lain-lain telah diatur, maka mesin siap untuk pengecoran. Baja cair yang temperatur dan komposisi kimianya telah sesuai dipindahkan ke lengan *ladle turret* dengan menggunakan crane. *Ladle turret* diputar 180° ke posisi pengecoran. Tundish dari *preheat* dibawa, ditempatkan, dan direndahkan ke posisi pengecoran. *Ladle shroud* kemudian dihubungkan ke *ladle slide gate* dan baja dimasukkan kedalam *tundish*. *Ladle weighing system* memonitor jumlah baja dalam *ladle* selama pengecoran. *Tundish weighing system* digunakan untuk menjaga ketinggian dalam *tundish* dengan mengatur aliran melalui *ladle slide gate*. Setelah *tundish* diisi dengan ketinggian tertentu, *tundish slide gate* dibuka, mengalirkan baja dari *tundish* masuk ke cetakan. Ketika ketinggian baja pada cetakan sesuai target, maka proses pengecoran dimulai. Cetakan akan berosilasi, *roller* berputar dan air pendingin disemprotkan. Pengumpanan bubuk cetakan diberikan untuk memberikan pelumasan sehingga kulit *strand* tidak menempel pada permukaan cetakan. Sistem pengaturan ketinggian cetakan mengatur aliran yang sesuai melalui *tundish slide gate* untuk menjaga ketinggian baja dalam cetakan sesuai keinginan. Saat *ladle* kosong, *ladle slide gate* ditutup, lengan *turret* menaikkan *ladle* kosong, *ladle shroud* dipindahkan dan *ladle* diputar 180° ke posisi pembebanan / tanpa pembebanan. Perpindahan *ladle* tidak hanya memindahkan *ladle* yang kosong dari posisi pengecoran tapi juga memindahkan *ladle* yang penuh ke posisi pengecoran, ini dilakukan tanpa menghentikan proses pengecoran. Setelah pengecoran dimulai, *hot strand* ditarik dengan *dummy bar* menuju *bender*, *casting bow*, *straightener*, dan *horizontal guide*. *Dummy bar head* dilepaskan dari *strand* saat mendekati *torch*. *Strand* panas kemudian melewati *toarch approach table* dan akhirnya pada bagian *torch cutting table*, *strand* dipotong dengan

menggunakan *torch cutting machine*. Slab hasil potong dipindahkan ke *cross transfer* lalu diangkat dengan *crane* dan kemudian disimpan untuk didinginkan dengan udara.

**3.4. Peralalatan Mesin Pengecoran Kontiyu (*Continous Casting Machine*)**

**1. Spesifikasi Mesin Pengecoran Kontiyu**

- Tipe Mesin : Low head mesin dengan mould lurus
- Casting radius : 8 M
- Metallurgical length : 28,5 m
- Panjang mesin : 29,7 m
- Ladle capacity : 130 ton
- Pemotong strand : *Torch cutting*
- Kecepatan mesin : Max 2 m/min untuk penuangan  
 Max 5 m/min untuk *transport dummy bar*



Gambar 4. Mesin pengecoran kontiyu (CCM)  
 Sumber : Arcelor RPS Company Production

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Hasil Penelitian**

Tabel 3. merupakan data harian inspeksi cacat permukaan slab baja grade 1A 0804 Pabrik Slab Baja II PT Krakatau Steel, periode Mei – Juli 2004.

Tabel 3. Data proses pengecoran dan cacat permukaan slab baja

No.	Tgl	No. Heat	T. Tundish Rata-rata (°C)	Cast. Speed Rata-rata (m/min)	Superheat Rata-rata (°C)	Kelas Cacat		
						RMS (LS)	RS (NS1)	RS(NS 2)
1	25/5	09149R	1550	1,32	23	0	2	2
2		09148R	1548	1,34	21	2	2	2
3		98561R	1545	1,40	18	2	2	2
4		98563R	1547	1,41	20	0	1	1
5		98562R	1534	1,36	7	2	2	2
6		09150R	1551	1,34	24	0	1	2
7	26/5	09152R	1552	1,31	25	0	1	1
8		98564R	1557	1,23	30	0	2	2
9	29/5	98594R	1561	1,23	34	0	2	2
10		09179R	1542	1,40	15	0	2	2
11	31/5	98622R	1558	1,36	31	0	1	1
12		09208R	1536	1,36	9	0	1	1
13		98625R	1552	1,38	25	0	1	1
14		02209R	1541	1,39	14	1	2	2
15	3/6	98637R	1564	1,19	37	0	3	1

16		85122R	1554	1,38	27	0	3	1
17		98638R	1560	1,27	33	0	0	0
18	4/6	64842R	1557	1,36	30	0	0	0
19		85124R	1553	1,39	26	0	0	0
20		64843R	1555	1,32	28	0	0	0
21	9/6	98652R	1549	1,31	22	0	3	2
22	14/6	64872R	1549	1,28	22	0	2	2
23		98696R	1535	1,39	8	0	2	2
24	15/6	98704R	1553	1,38	26	0	2	2
25	25/6	98763R	1559	1,27	32	2	2	2
26	15/7	09411R	1556	1,37	29	0	1	2
27		09413R	1535	1,37	8	0	1	2
28	16/7	09412R	1548	1,36	21	2	3	3
29	17/7	98837R	1550	1,37	23	2	1	0
30		98838R	1552	1,36	25	2	1	0
31	18/7	09427R	1555	1,51	28	0	1	1
32		98839R	1558	1,29	31	2	2	2
33		98841R	1553	1,42	26	2	2	2
34	19/7	09438R	1566	1,33	39	0	2	1
35		98840R	1544	1,40	17	2	1	1
36	20/7	09443R	1550	1,35	23	0	0	2
37		98855R	1563	1,23	36	0	1	1
38		98857R	1558	1,30	31	2	1	1
39		98861R	1543	1,35	16	0	0	0

Sumber : Data hasil penelitian

Keterangan Tabel :

RMS = Retak Melintang Sudut (Corner Transversal Crack)

RS = Retak Sudut (Corner Crack)

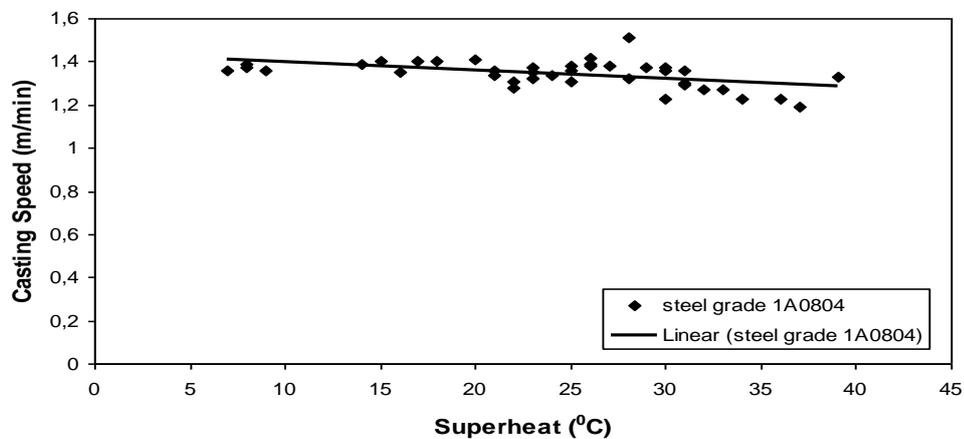
LS = Loose Side (Sisi atas slab baja)

NS1 = Narrow Side 1 (Sisi sempit/samping 1 slab baja)

NS2 = Narrow Side 2 (Sisi sempit/samping 2 slab baja)

#### 4.2. Pembahasan

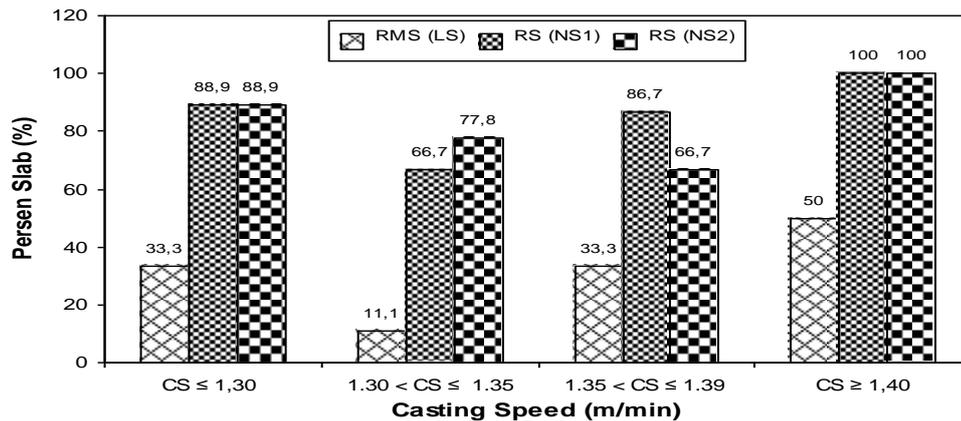
Berdasarkan data hasil penelitian (tabel 3), maka dapat ditentukan hubungan casting speed dan superheat yakni dengan menghubungkan dua variabel proses pengecoran tersebut dalam bentuk grafik (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik hubungan casting speed terhadap superheat

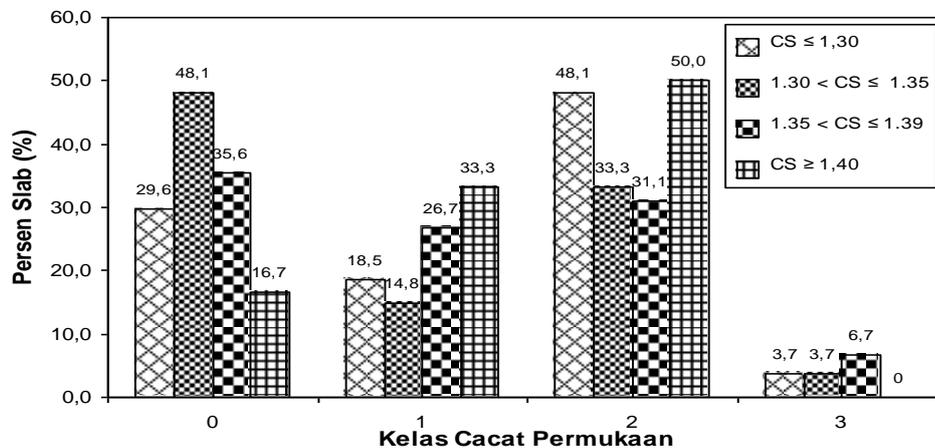
Dari gambar 5. jelas terlihat bahwa terlihat bahwa casting speed akan menurun apabila superheat meningkat (besaran casting speed berbanding terbalik terhadap superheat) dan hal ini dipengaruhi oleh besaran metallurgical length dari mesin pencetakan kontiyu dan grade baja.

Dari data hasil penelitian (tabel 3), juga terlihat bahwa kelas cacat permukaan terhadap superheat dapat dihubungkan dalam bentuk grafik (gambar 4.2 dan 4.3),



Gambar 6. Grafik hubungan casting speed terhadap kelas cacat permukaan

Dari gambar 6 dapat diketahui bahwa frekuensi cacat rata-rata yang lebih rendah didapatkan pada range  $1,30 \leq$  casting speed  $< 1,35$  m/min dengan frekuensi cacat permukaan RMS (LS) = 11,1 %, RS (NS1) = 66,7 %, dan RS (NS2) = 77,8 %.

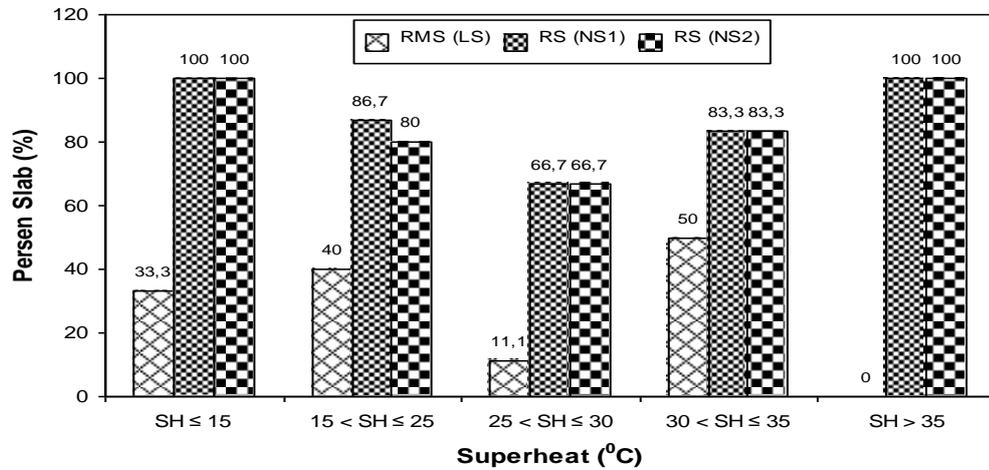


Gambar 7 Grafik frekuensi kelas cacat permukaan terhadap range casting speed

Dari gambar 7 terlihat bahwa range frekuensi cacat rata-rata yang lebih rendah didapatkan pada  $1,30 \leq$  casting speed  $< 1,35$  m/min dengan persentase slab tanpa cacat 48,1 %, kelas cacat satu (1) 14,8%, kelas cacat dua (2) 33,3%, dan kelas cacat tiga (3) 3,7%.

Dari penjelasan gambar 4.2 dan 4.3 dapat disimpulkan bahwa untuk baja grade 1A 0804 casting speed rata-rata yang lebih baik didapatkan pada range  $1,30 \leq$  casting speed  $< 1,35$  m/min

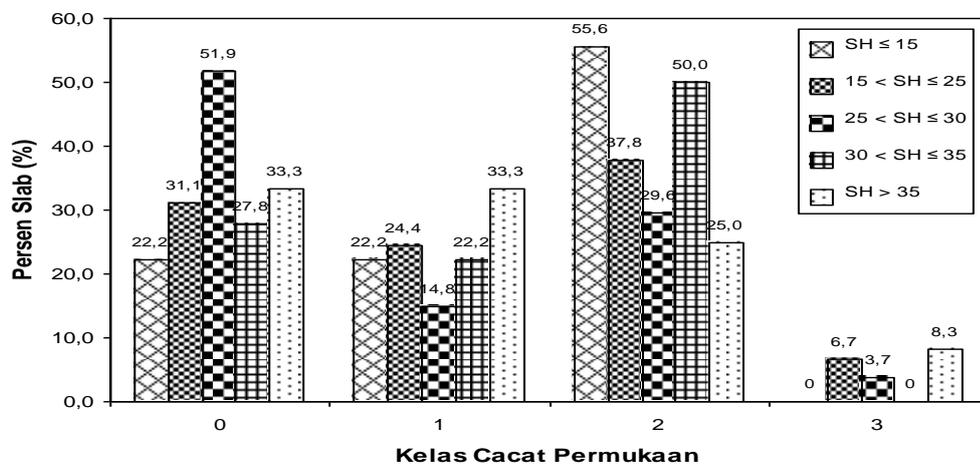
Data hasil penelitian (tabel 3) dapat diketahui bahwa kelas cacat permukaan terhadap casting speed dapat dihubungkan dalam bentuk grafik (gambar 4.4 dan 4.5).



Gambar 8 Grafik pengaruh superheat terhadap frekuensi cacat permukaan

Dari gambar 4.4 dapat diketahui bahwa frekuensi cacat rata-rata yang lebih rendah didapatkan pada range  $25 < \text{superheat} \leq 30$  °C dengan frekuensi retak melintang sudut (RMS) pada sisi atas slab (LS) 11,1 %, retak sudut (RS) pada sisi sempit 1 dan 2 (NS1 dan NS2) 66,7%.

Untuk gambar 9 terlihat bahwa range frekuensi cacat rata-rata yang lebih rendah di dapatkan pada  $25 < \text{superheat} \leq 30$  °C dengan persentase slab tanpa cacat 51,9 %, kelas cacat dua (1) 14,8 %, kelas cacat dua (2) 29,6%, dan kelas cacat tiga (3) 3,7%.



Gambar 9. Grafik frekuensi kelas cacat permukaan terhadap persen slab

Dari penjelasan gambar 8 dan 9 dapat di simpulkan bahwa untuk baja grade 1A 0804 superheat rata-rata yang lebih baik didapatkan pada  $25 < \text{superheat} \leq 30$  °C.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari berbagai pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Besaran casting speed berbanding terbalik terhadap superheat.

- 2) Frekuensi cacat rata-rata yang lebih rendah didapatkan pada casting speed range  $1,30 \leq CS < 1,35$  m/min dengan frekuensi cacat permukaan RMS (LS) = 11,1 %, RS (NS1) = 66,7 %, dan RS (NS2) = 77,8 %, serta persentase slab tanpa cacat 48,1 %, kelas cacat satu (1) 14,8%, kelas cacat dua (2) 33,3%, dan kelas cacat tiga (3) 3,7%, dan range superheat  $25 < Spht \leq 30$  °C dengan frekuensi cacat permukaan RMS (LS) = 11,1%, RS (NS1) dan RS (NS2) = 66,7 %, serta persentase slab tanpa cacat 51,9 %, kelas cacat dua (1) 14,8 %, kelas cacat dua (2) 29,6%, dan kelas cacat tiga (3) 3,7%.
- 3) Terjadi penurunan angka prosedur operasi standar (SOP) untuk Casting Speed 1,4 m/min menjadi  $1,30 \leq CS < 1,35$  m/min dan untuk Superheat 30 °C sama dengan  $25 < Spht \leq 30$  °C

## **5.2. Saran**

Saran-saran yang perlu disampaikan disini yakni:

- 1) penurunan angka *casting speed* terhadap angka prosedur operasi standar (SOP) telah dapat dipertimbangkan terhadap umur pakai mesin pengecoran kontiyu;
- 2) selain *casting speed* dan *superheat*, terdapat beberapa faktor lain yang harus diperhatikan dalam hal proses pengecoran kontiyu, diantaranya; *secondary cooling*, komposisi kimia baja, *mould taper*, osilasi *mould*, *casting powder*, dan lain-lain.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Anonym, 1993, Technical Documentation, Steel Slab Plant Extention PT. Krakatau Steel, PT. Krakatau Engineering Corporation, dan Voest Alfine Industrieanlagenbau (VAI). Item No. 3.05.01.
2. Anonym, 1999, Standard Operation Procedure, Refer No. 041/V/99, SSP1/SSP2 PT. Krakatau Steel.
3. Anonym, 2002, Modul Pelatihan Metalurgi Proses, PT. Krakatau Steel.
4. R. E. Smallman, 1991, Metalurgi Fisik Modern PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
5. W.O. Alexander, et al, 1991, Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.