

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP CACAT DALAM PADA PRODUK SLAB BAJA (STUDI KASUS DI SLAB STEEL PLANT-2 PT. KRAKATAU STEEL)

Naniek Utami Handayani, Heru Prastawa, Nuryanti
Industrial Engineering Department, Diponegoro University
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang
Phone/Fax (024) 74600052
E-mail : naniekh@yahoo.com

Abstrak.

PT Krakatau Steel Plant-2, sebagai perusahaan penghasil Slab Baja, selalu berusaha untuk dapat meningkatkan kualitas produknya agar mampu bersaing di era global. Untuk dapat menghasilkan produk yang berkualitas tinggi hanya dapat dicapai dengan serangkaian pengendalian proses produksi yang baik, konsisten dan ketat. Hasil pengamatan di lapangan diketahui terdapat permasalahan adanya cacat segregasi. Cacat segregasi adalah cacat internal yang paling dominan dari jenis cacat yang lain, dari catatan departemen QC diketahui bahwa tingkat kelas cacat internal segregasi slab baja melebihi kelas. Adapun rincian jumlah cacat adalah sebagai berikut, jumlah cacat kelas 1 (37.84%), jumlah cacat kelas 1-2 (45.40%), jumlah cacat kelas 2 (46.84%) dan jumlah cacat kelas 2-3 (33.33%).

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi jenis cacat yang paling berpengaruh terhadap cacat/retak dalam, mengetahui perbedaan pengaruh diantara faktor-faktor tersebut sehingga tercipta suatu sistem kerja yang baik, maka faktor-faktor ini perlu diteliti. Faktor-faktor yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah faktor shift kerja, temperatur tundish dan casting speed (kecepatan pencetakan). Masing-masing faktor terdiri dari 3 level. Faktor shift terdiri shift pagi, siang dan malam. Faktor temperatur terdiri, yaitu 1545⁰C, 1550⁰C dan 1555⁰C. Dan faktor kecepatan 1.3m/menit, 1.4m/menit dan 1.5m/menit. Ukuran untuk kualitas slab baja yang dihasilkan dari proses ini dinyatakan dalam tingkat kelas cacat slab yang terjadi.

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda perancangan eksperimen dengan model faktorial. Untuk pengolahan data digunakan analisa variansi (ANOVA) dan test hipotesa. Hasil pengujian hipotesa dengan tingkat kepercayaan 95% menyatakan bahwa ada perbedaan yang berarti (signifikan) diantara pengaruh faktor temperatur tundish.

Kata kunci: *kualitas produk, desain eksperimen, cacat segregasi*

I. PENDAHULUAN

Pada era perdagangan bebas dan globalisasi ekonomi dunia sekarang ini, tuntutan akan mutu produk yang tinggi dengan harga yang bersaing cenderung meningkat. Konsumen semakin sadar akan hak-haknya untuk memperoleh produk dengan mutu yang sesuai dengan harga yang dibayar. PT. Krakatau Steel adalah Industri Baja Terpadu yang menghasilkan produk baja dari hulu sampai hilir, meliputi besi *sponge*, *billet* baja, slab baja, baja canai panas, baja canai dingin.

Perusahaan ini didirikan pada tanggal 31 Agustus 1970 sebagai badan usaha milik negara dengan kapasitas awal produksi sebesar 150.000 ton baja per tahun. Lokasi perusahaan terletak pada sentra industri yang strategis di kawasan Industri Cilegon-Banten dan kantor pusat pemasaran di jalan Gatot Subroto Jakarta. Mengingat bahwa cukup banyak perusahaan yang bergerak di industri baja, maka faktor persaingan pun tidak dapat dihindarkan. Setiap perusahaan

baja mengharapkan produksinya dapat terjual di pasaran dalam jumlah yang besar, sedangkan konsumen selalu mencari produk dengan kualitas yang baik, dan tidak peduli pabrik mana yang membuatnya, sehingga peranan kualitas menjadi penting. Untuk itu dibutuhkan suatu usaha dalam mencapai, mempertahankan dan memperbaiki kualitas dari produk yang dihasilkan agar dapat meningkatkan kemampuan bersaing dengan perusahaan sejenis.

Ada tiga jenis cacat yang terjadi pada produk slab baja, yaitu cacat bentuk, cacat eksternal (retak luar) dan cacat internal (retak dalam). Dari ketiga cacat tersebut yang memiliki cacat yang paling kritis adalah cacat/retak dalam. Seperti kita ketahui bahwa baja digunakan secara luas dalam industri permesinan, bangunan, jembatan, kapal, kelistrikan, dan sebagainya. Hal ini disebabkan karena keunggulan sifat-sifatnya seperti: kekuatan, kekerasan, keuletan, ketangguhan, dan sebagainya. Adanya cacat/retak dalam ini akan mempengaruhi sifat-sifat baja yang akan dihasilkan (unsur-unsur dari komposisi baja yang digunakan). Apabila cacat/retak dalam tidak dapat diminimasi maka akan berakibat fatal pada penggunaannya atau konsumen seperti konstruksi yang cepat rapuh/patah, kondisi ini disebabkan adanya unsur yang tidak dikehendaki (material atau bahan baku), karena masalah mekanis dan metalurgi (mesin), perlakuan setelah penuangan (proses produksi) dan faktor manusia.

Dari uraian diatas, permasalahannya adalah bagaimana meminimasi cacat/retak dalam (internal) yang merupakan faktor signifikan bagi produk ini. Cacat internal adalah cacat yang ada dalam slab dan tidak dapat dilihat dari luar, di antaranya *internal cracking*, *porositas*, *inklusi Al_2O_3* dan *segregasi*. Untuk mengetahui cacat ini perlu diadakan analisa *Sulfur Print Test*.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan suatu usaha untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab retak dalam (*internal defect*) sehingga jumlah produk cacat dapat diminimalkan. Dari permasalahan tersebut, maka penelitian akan difokuskan pada analisa faktor-faktor produksi

yang menyebabkan cacat/retak dalam (*Internal Defect*) pada slab baja.

II. METODOLOGI PENELITIAN

1. Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan setiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan [Sudjana, 1995]. Selain itu, desain eksperimen didefinisikan sebagai suatu pengujian atau serangkaian pengujian yang bertujuan untuk melakukan perubahan terhadap variabel-variabel input dari proses/sistem sehingga dapat meneliti dan mengidentifikasi sebab perubahan dari output [Montgomery, 1991].

Adapun tujuan dari penerapan metode perencanaan eksperimen, yaitu [Amitava, 1993]:

1. Mengidentifikasi variabel kunci yang tidak hanya dikendalikan dalam proses tetapi juga untuk meningkatkannya.
2. Pada pengembangan suatu proses baru di mana data historis tidak tersedia, Desain Eksperimen digunakan dalam fase pengembangan guna mengidentifikasi faktor-faktor penting dan mengatur level masing-masing faktor dengan tujuan untuk memaksimalkan hasil dan mengurangi total biaya.

Sedangkan tahapan yang harus dilakukan dalam melaksanakan desain eksperimen adalah [Montgomery, 1991]: 1) pengenalan serta pernyataan tentang permasalahan yang dihadapi; 2) penetapan tujuan penelitian; 3) pemilihan variabel respon; 4) pemilihan faktor dan level-levelnya; 5) pemilihan metoda desain eksperimen; 6) pelaksanaan eksperimen; 7) kesimpulan dan rekomendasi

2. Cacat/Retak Dalam (Internal Defect)

Cacat dalam pada slab merupakan cacat yang ada dalam slab dan tidak dapat dilihat dari luar. Retak/crack ini terjadi karena adanya regangan tarik yang relatif besar yang berada di daerah pembekuan oleh suatu sebab, dan sisa leburan/lelehan yang diperkaya unsur tersegregasi akan tertarik menuju retak ini. Setelah seluruhnya membeku retak yang terjadi terlihat sebagai garis sulphur yang tersegregasi pada *Sulphur Print Test*, terkecuali bilamana terjadinta "*Missalignment*" atau *Roll gap* yang relatif besar maka tidak akan teramati retak terbuka. Dari hasil pengamatan metallographi, retak memiliki fasa *feritic* di bagian tengahnya dan fasa *pearlitik* di sekelilingnya. Sedangkan (Mn, Fe) S berada di tengah bagian fasa feritik. Untuk mengetahui cacat ini perlu diadakan analisa *Sulfur Print Test*. Cacat dalam dapat dikelompokkan menjadi:

- 1) *Internal Cracking*, disebabkan oleh pendinginan sekunder terlalu berlebihan dan kecepatan pencetakan yang lambat
- 2) Porositas, disebabkan oleh gas yang terperangkap selama proses pembentukan sehingga meninggalkan bekas berlubang
- 3) Inklusi Al_2O_3 , disebabkan oleh masuknya inklusi ke *mould* lewat *nozzle* dari *tundish*.
- 4) Segregasi, disebabkan oleh adanya perbedaan temperatur permukaan dan bagian dalam besar selama proses pencetakan, sehingga menimbulkan unsur terlarut tersisih ke dalam. Hal ini terjadi bila pendingin sekunder terlalu banyak, kecepatan pencetakan rendah dan

komposisi kimia dari unsur-unsur yang terlarut tinggi (C tinggi, Mn tinggi).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

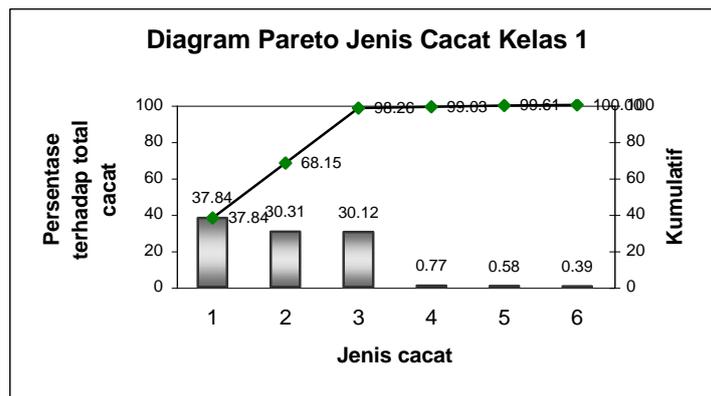
Pada tahap ini dilakukan perhitungan mengenai data produk tidak standar yang terdiri dari beberapa kelas cacat yang dihasilkan oleh SSP-2. Data diperoleh dari laporan bulanan Sulfur Print Test SSP-2, periode Januari–November 2002 dan Januari–April 2003. Dari data tersebut cacat dalam Segregasi yang mendominasi kelas cacat, hingga mencapai kelas 2.5. SSP-2 menginginkan untuk kelas cacat segregasi tidak melebihi kelas 1. Dapat dilihat pada Tabel 1.

Dalam Tabel 1 terdapat enam jenis cacat dalam (*internal defect*), di mana dari enam jenis cacat dibagi menjadi beberapa kelas diantaranya kelas 0 hingga kelas 2.5. Semakin banyak jumlah kelas cacat, maka semakin buruk produk slab baja. Dari Tabel 1 dapat dibuat diagram pareto yang menunjukkan jumlah kelas cacat terbanyak. Dari diagram pareto bahwa cacat/retak dalam segregasi yang mendominasi dari jenis cacat lainnya, untuk cacat kelas 1 (37.84%), pada jumlah cacat kelas 1.5 (45.40%), jumlah cacat kelas 2 (46.84%) dan jumlah cacat kelas 2.5 (33.33%).

Tabel 1. Data Jenis Cacat dan Kelas Cacat

No	Jenis cacat	Jumlah cacat					
		Kelas 0	Kelas 0.5	Kelas 1	Kelas 1.5	Kelas 2	Kelas 2.5
1	Segregasi	40	213	196	148	18	2
2	Alumina	594	17	2	1	1	
3	Oxide	598	12	3		2	
4	Bending crack	134	180	157	107	37	2
5	Corner crack	601	9	4		1	
6	Narrow side crack	84	283	156	70	20	2

Sumber: data laporan bulanan QC SSP-2



Gambar 1 Diagram Pareto untuk Kelas Cacat 1

Penentuan Karakteristik Kualitas dan Sistem Pengukuran

Karakteristik kualitas yang akan dibahas dalam penelitian adalah kualitas dalam yaitu banyaknya cacat/retak dalam (*internal defect*) yang diinspeksi oleh SSP-2 dengan menggunakan *Sulfur Print Test*. Produk dikatakan tidak standar apabila kelas cacat yang dihasilkan melebihi dari kelas 1.5. Terdapat enam jenis cacat yang dibagi dalam enam kelas, diantaranya yaitu:

- *Segregasi*, disebabkan oleh adanya perbedaan antara temperatur permukaan dan bagian dalam selama proses pencetakan, sehingga menimbulkan unsur terlarut tersisih ke dalam, seperti unsur sulfur yang mengalami penyempitan ruang sehingga menyebabkan penumpukan sulfur. Hal ini terjadi bila pendingin sekunder terlalu banyak, kecepatan pencetakan rendah dan komposisi kimia dari unsur-unsur yang terlarut tinggi (C tinggi, Mn tinggi).
- *Alumina*, disebabkan oleh masuknya inklusi ke *mould* lewat *nozzle* dari *tundish*.
- *Oxide*, disebabkan oleh gas yang terperangkap selama proses pembentukan sehingga meninggalkan bekas berlubang.
- *Bending crack*, disebabkan karena *ligment* mesin yang salah.
- *Corner crack*, disebabkan oleh pendinginan sekunder terlalu berlebihan dan kecepatan pencetakan yang lambat.
- *Narrow side crack*, pada prinsipnya sama dengan *corner crack*.

Berkaitan dengan tujuan penelitian yaitu meneliti faktor penyebab cacat/retak dalam (*internal defect*) slab baja yang untuk dapat

meminimalkan kelas cacat, maka data yang akan digunakan adalah data jumlah sampel kelas cacat yang menunjukkan tingkat keparahan dari cacat slab baja. *Grade* baja yang digunakan adalah baja karbon rendah (%C < 0.08 dan %C = 0.08-0.14).

Perhitungan Efek Faktor Pada Cacat Dalam

Pengolahan data untuk menganalisis faktor waktu/shift kerja, temperatur baja cair pada *tundish* dan kecepatan (*casting speed*) pencetakan baja cair terhadap variabel respon berupa kelas cacat yang menggunakan desain faktorial. Pengulangan/replikasi yang dilakukan sebanyak 6 kali. Model yang dipilih adalah model campuran di mana terdapat 2 faktor acak dan 1 faktor tetap (Tabel 1 terdapat pada lampiran). Setelah dilakukan perhitungan ANOVA, maka hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari pengujian hipotesis di atas faktor C (Temperatur) memiliki pengaruh signifikan terhadap cacat segregasi, karena $F_{tabel} < F_{hitung}$ pada taraf keberartian 0.05 terhadap cacat segregasi sedangkan faktor interaksi lainnya tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap cacat segregasi.

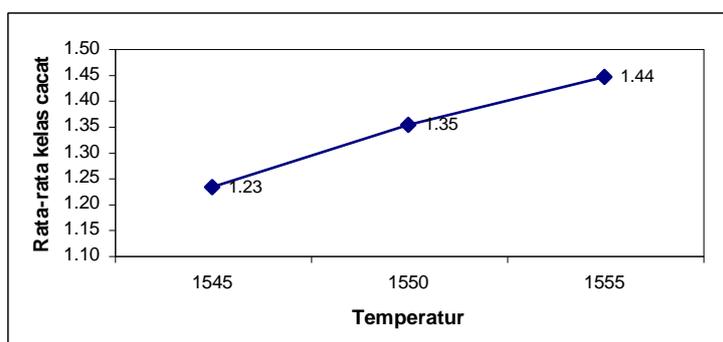
Untuk lebih memperkuat hasil pengujian hipotesis bahwa terdapat perbedaan variabel respon antara taraf faktor C maka rata-rata kelas cacat dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.

Tabel 2 ANOVA untuk Kelas Cacat

Sumber Variasi	dk	JK	KT	F hitung	F tabel	
					0.01	0.05
Rata - rata	1	292.0138889				
Perlakuan:						
A	2	0.120370				
B	2	0.694444	0.347222	6.521739	18.00	6.94
C	2	1.231481	0.615741	11.565217	18.00	6.94
AB	4	0.685185	0.171296	1.129771	7.01	3.84
AC	4	1.453704	0.363426	2.396947	7.01	3.84
BC	4	0.212963	0.053241	0.154155	3.32	2.37
ABC	8	1.212963	0.151620	0.439008	2.51	1.94
Kekeliruan	135	46.625000	0.345370			
Jumlah	162	344.250000	-			

Tabel 3 Faktor yang Berpengaruh terhadap Cacat Internal Slab

Faktor	F hitung	F tabel	Keputusan	F tabel	Keputusan
		a = 0,01		a = 0,05	
A	Tidak ada uji eksak	-	-	-	-
B	6.52	18.00	Terima H ₀₁	6.94	Terima H ₀₁
C	11.57	18.00	Terima H ₀₂	6.94	Tolak H ₀₂
AB	1.13	7.01	Terima H ₀₃	3.84	Terima H ₀₃
AC	2.40	7.01	Terima H ₀₄	3.84	Terima H ₀₄
BC	0.15	3.32	Terima H ₀₅	2.37	Terima H ₀₅
ABC	0.44	2.51	Terima H ₀₆	1.94	Terima H ₀₆



Gambar 2 Pengaruh faktor temperatur (C) terhadap jumlah kelas cacat

Analisa Diagram Pareto

Untuk kelas cacat 0 ini, produk slab baja masih dikategorikan sebagai produk standar. Sedangkan untuk kelas cacat 0.5 di mana

sedikit mempengaruhi dari kualitas slab baja, namun belum dikategorikan sebagai produk *reject*, untuk kelas cacat 0.5, jenis cacat yang mendominasi

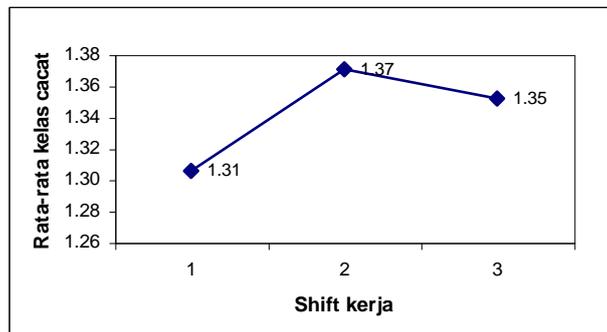
adalah jenis cacat *narrow side crack* dengan persentase sebesar 39.64%, kemudian cacat segregasi sebesar 29.83%. Kelas cacat 0.5 ini merupakan kelas cacat antara 0 dan 1. Di mana jumlah garis dan titik lebih pada permukaan slab lebih banyak dari pada kelas 0.

Untuk kelas cacat 1 hingga kelas cacat 2.5, cacat segregasi yang mendominasi dari jenis cacat lain diantaranya *bending crack*, *narrow side*, *corner*, *oxide* dan alumina.

Segregasi untuk jumlah cacat kelas 1 (37.84%), pada jumlah cacat kelas 1.5 (45.40%), jumlah cacat kelas 2 (46.84%) dan jumlah cacat kelas 2.5 (33.33%). Dengan kondisi diatas menunjukkan bahwa cacat segregasi mendominasi dari cacat/retak dalam lainnya. Oleh karena itu, pada tahap selanjutnya yang akan dibahas adalah cacat jenis yang dominan muncul yaitu *segregasi*.

Analisis Variansi (ANOVA)

(1). Shift kerja



Gambar 3 Efek Shift terhadap Jumlah Kelas Cacat Segregasi

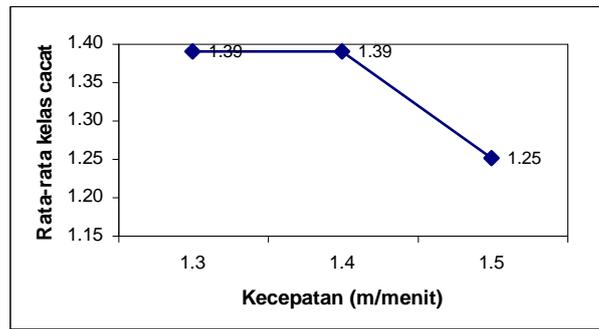
Dari Gambar 3 bahwa shift 1 memberikan nilai rata-rata jumlah kelas cacat segregasi yang paling rendah dibandingkan dengan shift 2 dan 3. Hal ini disebabkan pada shift 1 dari pukul 06.00 sampai 14.00 adanya pengawasan yang ketat dari pihak manajemen tingkat yang mengawasi jalannya proses produksi. Tetapi perbedaan jumlah kelas cacat yang dihasilkan antara shift 1 dan yang lainnya tidak terlalu mencolok, karena faktor shift sendiri bukan merupakan faktor yang berpengaruh secara signifikan, walaupun demikian tidak boleh diabaikan faktor shift ini.

Berdasarkan penelitian para ahli, seluruh kegiatan manusia dipengaruhi oleh ritme biologis. Ritme ini sangat berpengaruh terhadap tingkat usaha, tingkat kesalahan, kecepatan, ketelitian dan waktu reaksi. Penilaian ini didasarkan pada fungsi fisiologis tubuh yang berubah-ubah selama 24 jam tetapi

berlangsung secara teratur, seperti penggunaan oksigen, tingkat metabolisme dan fungsi-fungsi organ tubuh lainnya. Semua fungsi ini sangat aktif di siang hari kurang aktif di malam hari.

Dengan adanya pergantian shift yang dilakukan setiap minggu, maka operator harus secepat itu pula menyesuaikan tubuhnya dengan waktu kerja yang baru, terutama untuk penyesuaian tubuh untuk bekerja di malam hari. Jika pekerja pindah dari shift pagi ke shift malam, maka mereka harus bekerja pada saat tubuhnya ingin beristirahat dan mereka beristirahat disaat tubuhnya sangat aktif. Mereka akan menjadi sulit tidur, karena ketidakbiasaan atau ketidakmampuan tidur di siang hari.

(2). Kecepatan

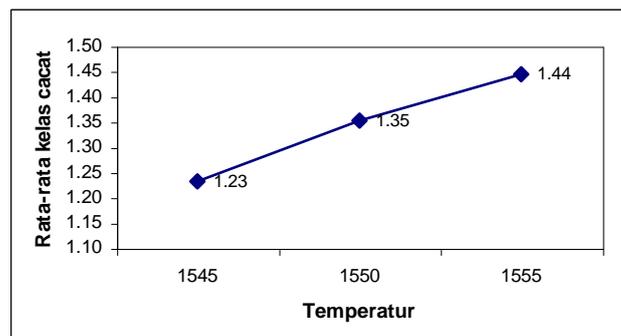


Gambar 4 Efek Kecepatan terhadap Jumlah Kelas Cacat Segregasi

Dari Gambar 4 bahwa kecepatan 1.3 dan 1.4 (m/menit) memberikan rata-rata jumlah kelas cacat yang sama tinggi, sedangkan untuk kecepatan 1.5 m/menit sebaliknya memberikan jumlah rata-rata kelas cacat yang lebih kecil.

Kondisi ini dapat dikatakan bahwa kecepatan pencetakan baja yang terlalu lambat akan berpengaruh buruk terhadap kualitas slab baja.

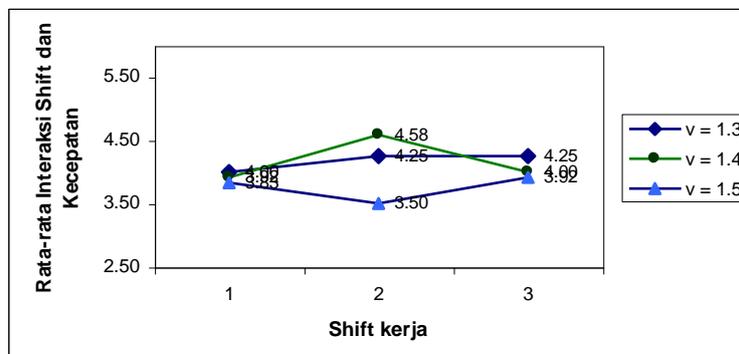
(3). Temperatur



Gambar 5 Efek Temperatur terhadap Jumlah Kelas Cacat Segregasi

Untuk efek temperatur yang merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kualitas slab baja, dari gambar dapat dilihat bahwa semakin besar temperatur maka jumlah rata-rata kelas cacat akan semakin banyak. Temperatur 1555⁰C memberikan jumlah kelas cacat yang paling besar dari temperatur yang lainnya.

(4). Interaksi shift dan kecepatan

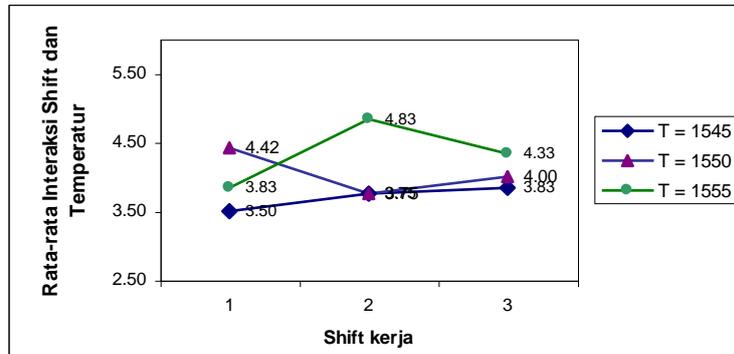


Gambar 6 efek Interaksi Shift dan Kecepatan terhadap Jumlah Kelas Cacat Segregasi

Pada Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa total interaksi shift 1 dengan kecepatan yang ada memberikan rata-rata interaksi yang lebih rendah dibandingkan dengan shift yang lain. Begitu juga dengan kecepatan 1.5 m/menit yang memberikan nilai interaksi yang lebih

rendah dari kecepatan yang lain. Kedua hal ini menunjukkan bahwa dengan kecepatan tersebut dan pada shift 1 akan menghasilkan rata-rata jumlah kelas cacat yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang lain.

(5). Interaksi shift dan temperatur

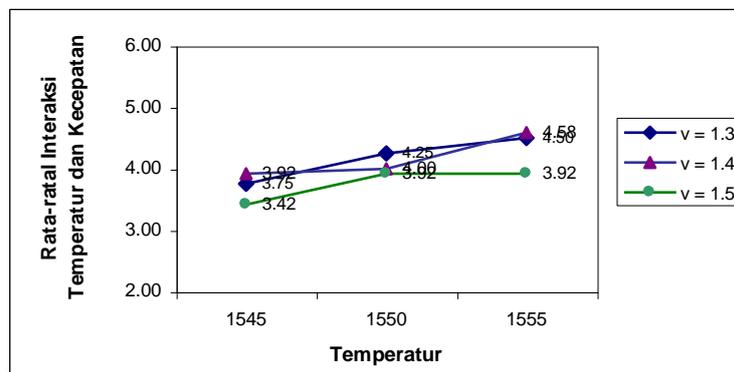


Gambar 7 Efek Interaksi Shift dan Temperatur terhadap Jumlah Kelas Cacat Segregasi

Penjelasan Gambar 7 adalah temperatur 1555⁰C dan 1545⁰C memberikan nilai tingkat grafik yang sama yaitu rata-rata interaksi shift 1 lebih rendah dari shift 2, berbeda dengan temperatur 1550⁰C dimana pada shift 1 menunjukkan nilai yang lebih tinggi dari shift yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa pada shift 1 akan menghasilkan rata-rata jumlah kelas cacat yang lebih sedikit pada temperatur 1555⁰C dan 1545⁰C dari pada temperatur 1550⁰C. Selain itu juga temperatur 1555⁰C mendominasi jumlah rata-rata kelas cacat pada shift 2 dan shift 3.

(6). Interaksi kecepatan dan temperature

Dalam Gambar 8 menjelaskan bahwa kecepatan 1.5m/menit menunjukkan rata-rata interaksi jumlah kelas cacat yang paling sedikit dari kecepatan lainnya. Untuk kecepatan 1.3 dan 1.4 m/menit pada ketiga temperatur memberikan nilai rata-rata jumlah kelas cacat yang besar. Tetapi untuk kecepatan 1.4m/menit pada temperatur 1550⁰C memberikan nilai rata-rata kelas cacat yang kecil hampir mendekati kecepatan 1.5m/menit.



Gambar 8 Efek Interaksi Temperatur dan Kecepatan terhadap Jumlah Kelas Cacat Segregasi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari diagram pareto menunjukkan bahwa jenis cacat segregasi memiliki jumlah kelas cacat yang paling besar. Terlihat dari persentase yang dihasilkan dari masing-masing kelas cacat yaitu cacat kelas 1 (37.84%), cacat kelas 1.5 (45.40%), cacat kelas 2 (46.84%), dan cacat kelas 2.5 (33.33%). Semakin besar kelas cacat yang dihasilkan maka semakin tinggi tingkat keparahan produk slab baja.
 2. Faktor yang berpengaruh terhadap cacat segregasi adalah faktor temperatur *tundish*, *casting speed* (kecepatan slab baja berjalan di roll) dan faktor shift kerja. Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA dari ketiga faktor tersebut yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap cacat segregasi adalah temperatur *tundish* hanya pada $\alpha = 0.05$ dengan nilai sebesar 11,57. Selain itu juga dari grafik bahwa dengan temperatur *tundish* sebesar 1555⁰C lebih banyak menghasilkan jumlah kelas cacat di bandingkan dengan temperatur 1545⁰C dan 1550⁰C. Hasilnya rekapitulasi perhitungan ANOVA terdapat pada Tabel 4
6. Sudjana, Tarsito, “*Desain dan Analisis Eksperimen*”, Bandung . Tarsito : 1995
 7. PT. Krakatau Steel, “*Pedoman Operasi Mesin Concast*”, Slab Steel Plant (SSP). Cilegon : 1988.
 8. Sunarko, Tjahjaningrum, “*Penerapan Metoda Perencanaan Eksperimen untuk Menyelidiki Pengaruh Faktor Operator dan Waktu Terhadap Hasil Kerja*”. Tugas Akhir Teknik Industri ITB : 1986.
 9. Satalaksana, Iftikar, “*Teknik Tata Cara Kerja*”. Bandung, Departemen TI ITB : 1982.
 10. Surdia, Tata, “*Teknik Pengecoran Logam*” , PT. Pradnya Paramita. Jakarta : 1976.

DAFTAR PUSTAKA

1. Gaspersz, Vincent , “*Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*”, PT. Tarsito, Bandung : 1995.
2. Hicks, Charles R., “*Fundamental Concepts in The Design of Experiment*”, Third Edition, Holt Rinehart and Winston Inc., New York : 1982.
3. Montgomery, Douglas C, “*Design And Analysis of Experiments*”, Second Edition, John Willey & Sons Inc : 1984
4. Mitra, Amitava “*Fundamentals of Quality Control and Improvement*” , Macmillan Inc : 1993
5. Santoso, Singgih, “*SPSS Versi 10 Mengolah Data Statistik secara Profesional*”, Gramedia. Jakarta : 2001.