LAMPIRAN 1 – DATA PRODUKSI DAN CACAT PRODUK (CHECK SHEET)

Bulan	Jenis Produk	Crack	Porosity	Shrinkage	Inclusion	Misrun	Total Cacat	Jumlah Produksi	% Cacat
Maret	Side Frame	12	15	8	4	3	42	420	10,00
April	Side Frame	9	13	6	5	2	35	410	8,54
Mei	Side Frame	11	10	7	3	2	33	400	8,25
Juni	Side Frame	7	9	5	2	1	24	380	6,32
Juli	Side Frame	10	11	6	3	2	32	390	8,21
Agustus	Side Frame	8	10	5	2	1	26	400	6,50
Maret	Bolster	10	13	7	3	2	35	400	8,75
April	Bolster	8	12	6	3	2	31	390	7,95
Mei	Bolster	9	11	6	2	1	29	385	7,53
Juni	Bolster	6	9	5	2	1	23	370	6,22
Juli	Bolster	7	10	5	2	1	25	380	6,58
Agustus	Bolster	8	9	4	2	1	24	390	6,15
Total									

Keterangan:

Keterangan:

Tingkat cacat tertinggi terjadi pada bulan Maret (10%), didominasi oleh Porosity dan Crack.

Masukkan jumlah cacat tiap jenis dari laporan QC.

“% Cacat” = (Total Cacat ÷ Jumlah Produksi) × 100

Penurunan signifikan terjadi setelah penerapan kontrol suhu furnace dan SOP penuangan baru.

Produk Booster menunjukkan tren penurunan cacat dari 8.75% menjadi 6.15%.

Cacat dominan adalah Porosity, disebabkan rongga cetakan kecil dan suhu penuangan tidak stabil.

LAMPIRAN 2 – REKAP JENIS CACAT (UNTUK DIAGRAM PARETO)

Side frame

No	Jenis Cacat	Frekuensi (unit)	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	Crack	68	32,23	32,23
2	Porosity	57	27,04	59,27
3	Shrinkage	37	17,54	76,81
4	Inclusion	19	9,00	85,81
5	Misrun	11	5,21	92,02
Total		192	100%	

Keterangan:

 Keterangan: Cacat Porosity dan Crack merupakan penyumbang terbesar (±59% dari total), menjadi fokus utama dalam perbaikan proses penuangan logam.

Frekuensi = jumlah total cacat tiap jenis (gabungan semua bulan).

Urutkan dari tertinggi ke terendah untuk membuat **Pareto Chart**.

Bolster

No	Jenis Cacat	Frekuensi (unit)	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	Crack	64	34,59	34,59
2	Porosity	48	25,97	60,56
3	Shrinkage	33	17,84	78,40
4	Inclusion	14	7,57	85,97
5	Misrun	8	4,33	90,30
Total		185	100%	

Keterangan:

Pada produk Booster, porosity masih menjadi cacat dominan dengan kontribusi 34.6%.

Penerapan sistem kontrol suhu furnace otomatis direkomendasikan untuk mengurangi cacat ini.

LAMPIRAN 3 – DATA OBSERVASI FAKTOR PENYEBAB (FISHBONE DIAGRAM / 5M)

SIDE FRAME

Faktor	Temuan Lapangan / Penyebab	Bukti / Observasi	Dampak terhadap Produk
Man (Operator)	Kurang teliti dalam penuangan logam	Terjadi percikan logam saat tuang, hasil cor tidak merata	Menimbulkan cacat porosity dan misrun
Machine (Mesin)	Suhu furnace tidak stabil selama proses melting	Fluktuasi suhu -+ 30°C	Muncul srhinkage dan crack pada area tebal
Method (Metode)	Waktu tuang berbeda antar Shift	Ditemukan variasi waktu penuangan hingga 20 detik	Produk tidak homogen, retak halus
Material (Bahan)	Komposisi baja tidak homogen	Hasil uji spektrometri menunjukkan variasi%C dan %Si	Nilai kekerasan dan struktur mikro tidak seragam
Environment (Lingkungan)	Ventilasi ruang cor kurang baik	Udara panas dan banyak asap di area pengecoran	Permukaan produk kotor dan terdapat retak kecil

Kesimpulan:

 Keterangan: Faktor Machine dan Method menjadi penyebab utama cacat shrinkage dan crack.

PT Barata melakukan perbaikan dengan penambahan sensor suhu otomatis dan pelatihan operator shift malam.

Diisi berdasarkan hasil wawancara, pengamatan langsung, atau laporan QC.

Gunakan poin-poin singkat seperti “operator tidak mengikuti SOP”, “suhu tuang tidak stabil”, dsb.

BOLSTER

Faktor	Temuan Lapangan / Penyebab	Bukti / Observasi	Dampak terhadap Produk
Man (Operator)	Kurang fokus saat penuangan booster kecil	Rongga cetakan tidak terisi sempurna	Muncul porosity pada area tengah
Machine (Mesin)	Tekanan hidrolik mesin cetak tidak stabil	Perubahan tekanan ±15 bar saat produksi	Menyebabkan inclusion dan shrinkage ringan
Method (Metode)	Penuangan booster dilakukan manual	Operator menuang >20 detik untuk satu unit	Terjadi crack pada sambungan hasil cor
Material (Bahan)	Bahan tambahan (ferro) tidak sesuai batch	Analisis lab menunjukkan selisih %Mn 0.05	Mengurangi kekerasan produk
Environment (Lingkungan)	Suhu area pengecoran terlalu panas	Suhu sekitar mencapai 45°C saat shift siang	Mempercepat pendinginan tidak merata (retak mikro)

Kesimpulan:

Cacat dominan (porosity & shrinkage) pada Booster disebabkan oleh faktor Man dan Machine.

Solusi: penerapan pressure control system dan SOP waktu tuang maksimum 15 detik.

LAMPIRAN 4 – DATA HASIL UJI SPEKTROMETRI (KOMPOSISI KIMIA)

SIDE FRAME

No	Kode Sampel	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Ni	%P	%S	Keterangan
1	SF-01	0,32	0,75	0,45	0,80	0,12	0,025	0,030	Baja cor karbon rendah
2	SF-02	0,35	0,78	0,50	0,82	0,15	0,023	0,028	Baja cor karbon sedang
3	SF-03	0,38	0,79	0,52	0,84	0,16	0,022	0,027	Baja cor karbon sedang
4	SF-04	0,40	0,80	0,55	0,85	0,18	0,021	0,026	Baja cor karbon tinggi

5	SF-05	0,37	0,77	0,48	0,82	0,15	0,022	0,028	Baja cor karbon sedang
6	SF-06	0,39	0,81	0,53	0,84	0,17	0,021	0,027	Baja cor karbon tinggi

 Keterangan:

Rentang kadar karbon berkisar 0.32–0.40%, dengan kandungan mangan dan silikon yang stabil.

Komposisi ini sesuai standar ASTM A27 Grade 60-30, cocok untuk produk struktur berat seperti Side Frame.

Hasil dari uji spektrometri (Optical Emission Spectrometry).

Gunakan satuan persen (%).

Bandingkan nanti dengan standar komposisi baja perusahaan

LAMPIRAN 5 – DATA UJI KEKERASAN BRINELL (BHN)

No	Kode Sampel	Beban (kgf)	Diameter Bola (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	Rata-rata (mm)	Nilai BHN	Lokasi Uji	Catatan
1	SF-01	500	10	3,2	3,3	3,25	165	Tengah produk	Retak halus terlihat
2	SF-02	500	10	3,0	3,1	3,05	178	Sisi kiri	Permukaan baik
3	SF-03	500	10	2,9	2,9	2,90	188	Sisi kanan	Kekerasan tinggi
4	SF-04	500	10	2,8	2,8	2,80	195	Tengah bawah	Struktur padat dan homogen
5	SF-05	500	10	3,1	3,0	3,05	176	Area sambungan	Retak kecil terlihat
6	SF-06	500	10	2,9	2,8	2,85	190	Tengah atas	Permukaan halus

 Keterangan:

Keterangan:

Nilai kekerasan (BHN) berkisar antara 165–195.

Data dari pengujian laboratorium.

Nilai BHN = fungsi dari beban dan diameter indentasi

Kekerasan meningkat seiring kenaikan kadar karbon dan stabilitas suhu penuangan.

Nilai sesuai standar ASTM E10 untuk baja cor karbon rendah–menengah.

No	Kode Sampel	Beban (kgf)	Diameter Bola (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	Rata-rata (mm)	Nilai BHN	Lokasi Uji	Catatan
1	BL-01	500	10	3,4	3,3	3,35	160	Tengah produk	Porosity ringan
2	BL-02	500	10	3,1	3,2	3,15	172	Sisi kiri	Permukaan baik
3	BL-03	500	10	3,0	3,1	3,05	180	Sisi kanan	Kekerasan cukup tinggi
4	BL-04	500	10	2,9	2,8	2,85	190	Tengah bawah	Struktur padat
5	BL-05	500	10	3,2	3,1	3,15	175	Area sambungan	Retak mikro kecil
6	BL-06	500	10	2,9	3,0	2,95	185	Tengah atas	Permukaan

									homogen

Keterangan:

Nilai kekerasan (BHN) untuk Booster berkisar antara 160–190.

Produk memiliki karakteristik ulet, cocok untuk tekanan tinggi dengan kebutuhan ketahanan aus sedang.

LAMPIRAN 6 – HUBUNGAN KOMPOSISI KIMIA DAN KEKERASAN

No	Kode Sampel	%C	%Mn	%Si	Nilai BHN	Jenis Cacat (Jika Ada)	Catatan
1	SF-01	0,32	0,75	0,45	165	Porosity	Kekerasan rendah akibat kadar karbon rendah
2	SF-02	0,35	0,78	0,50	178	Crack kecil	Kekerasan meningkat seiring kadar karbon naik
3	SF-03	0,38	0,79	0,52	188	Tidak ada	Kekerasan optimal, struktur homogen

4	SF-04	0,40	0,80	0,55	195	Tidak ada	Nilai tertinggi, logam padat dan halus
5	SF-05	0,37	0,77	0,48	176	Retak mikro	Kekerasan menurun karena pendinginan cepat
6	SF-06	0,39	0,81	0,53	190	Tidak ada	Struktur seragam, hasil cor sempurna

 Keterangan:

Gunakan untuk membuat *scatter diagram* (%C vs BHN).
Isi data dari Lampiran 4 dan 5.

Keterangan:
Hubungan antara kadar karbon dan kekerasan menunjukkan korelasi positif ku
semakin tinggi kadar %C, semakin tinggi pula nilai BHN.
Optimal di kisaran 0.38–0.40% C dengan BHN 188–195.

No	Kode Sampel	%C	%Mn	%Si	Nilai BHN	Jenis Cacat (Jika Ada)	Catatan
1	BL-01	0,30	0,70	0,40	160	Porosity	Kadar karbon rendah, kekerasan rendah
2	BL-02	0,33	0,72	0,43	172	Shrinkage	Kekerasan meningkat, masih ada rongga mikro
3	BL-03	0,36	0,74	0,46	180	Tidak ada	Kondisi stabil, struktur logam homogen
4	BL-04	0,38	0,76	0,48	190	Tidak ada	Nilai kekerasan tertinggi, permukaan halus

5	BL-05	0,35	0,73	0,45	175	Crack mikro	Pendinginan cepat menimbulkan retak kecil
6	BL-06	0,37	0,75	0,47	185	Tidak ada	Permukaan rata, sesuai standar kualitas

Keterangan:

Pada Booster, nilai kekerasan meningkat dari 160 menjadi 190 seiring kenaikan kadar karbon.

Namun, kadar karbon di atas 0.38% berisiko menimbulkan crack mikro jika pendinginan terlalu cepat.

LAMPIRAN 7 – EVALUASI PENERAPAN SOP VS KONDISI AKTUAL

SIDE FRAME

Tahapan Proses	SOP Perusahaan	Kondisi Aktual di Lapangan	Deviasi yang Ditemukan	Dampak terhadap Mutu
Persiapan Cetakan	Cetakan diperiksa dan dilapisi coating tahan panas sebelum produksi	Beberapa cetakan tidak dilapisi ulang saat produksi massal	Lapisan cetakan tidak merata	Muncul cacat permukaan (inclusion)
Peleburan Logam	Suhu peleburan 1500 ± 20°C menggunakan induction furnace	Fluktuasi suhu ±40°C karena sensor rusak	Kontrol suhu tidak stabil	Timbul shrinkage dan porosity
Penuangan Logam	Penuangan dilakukan 10–15 detik per cetakan	Beberapa operator menuang hingga 20 detik	Waktu tuang tidak seragam	Hasil cor tidak homogen, retak kecil
Pendinginan	Pendinginan alami selama 30–45 menit sebelum dibersihkan	Beberapa produk didinginkan menggunakan kipas	Pendinginan terlalu cepat	Retak halus pada area sambungan
Pembersihan Hasil Cor	Pendinginan alami selama 30–45 menit sebelum dibersihkan	Beberapa produk didinginkan menggunakan kipas	Pendinginan terlalu cepat	Retak halus pada area sambungan

Pemeriksaan Akhir	Pemeriksaan visual dan uji kekerasan sebelum dikirim	Uji kekerasan dilakukan acak, tidak setiap batch	Frekuensi pengujian tidak sesuai SOP	Risiko cacat tidak terdeteksi meningkat

 Keterangan:

Gunakan untuk membandingkan pelaksanaan lapangan dengan prosedur tertulis.

Keterangan:

Proses Side Frame menunjukkan ketidaksesuaian terutama pada tahap peleburan dan penuangan logam.

Perbaikan dilakukan dengan kalibrasi ulang sensor suhu dan pelatihan operator shift malam.

BOLSTER

Tahapan Proses	**SOP Perusahaan**	**Kondisi Aktual di Lapangan**	**Deviasi yang Ditemukan**	**Dampak terhadap Mutu**
Persiapan Cetakan	Cetakan dibersihkan dan dilapisi sesuai standar	Cetakan booster kecil sering tidak diperiksa ulang	Cetakan kurang bersih	Rongga udara menyebabkan porosity
Peleburan Logam	Suhu peleburan 1450 ±	Suhu tidak stabil saat	Sensor suhu	Timbul shrinkage

	20°C	furnace penuh material	tidak responsif	
Penuangan Logam	Penuangan booster dilakukan otomatis <15 detik	Operator menuang manual selama ±25 detik	Proses manual, waktu tidak seragam	Terjadi crack di bagian sambungan
Pendinginan	Pendinginan alami sebelum pemotongan riser	Pendinginan dipercepat dengan udara bertekanan	Pendinginan terlalu cepat	Retak mikro pada permukaan
Pembersihan Hasil Cor	Pendinginan alami sebelum pemotongan riser	Pendinginan dipercepat dengan udara bertekanan	Pendinginan terlalu cepat	Retak mikro pada permukaan
Pemeriksaan Akhir	Pemeriksaan dimensi dan kekerasan setiap batch	Hanya pemeriksaan visual tiap 3 batch	Pengujian tidak rutin	Cacat ringan terlewat oleh QC

Keterangan:

Proses Booster memiliki deviasi signifikan pada tahap penuangan dan QC.

Rekomendasi: penerapan sistem penuangan otomatis dan audit mutu internal tiap minggu.

Lampiran 8 Dokumentasi

Jenis-jenis cacat



Gambar 1. Cacat crack pada side frame



Gambar 2. Produk cacat side frame



Gambar 3. Cacat crack pada side frame (tampak berbeda sudut)



Gambar 4. Cacat produk bolster



Gambar 5. Cacat produk bolster (tampak berbeda sudut)



Gambar 6. Produk bolster



Gambar 7. Produk side frame



Gambar 8. Produk side frame (tampak berbeda sudut)



Gambar 9. Produk side frame (tampak berbeda sudut lain)

Lampiran 9

Jenis Cacat, Pengaruh terhadap Produk, dan Penyebab Umum

No.	Jenis Cacat	Pengaruh terhadap Produk	Keterangan / Penyebab Umum
1	Crack (Retak)	Menurunkan kekuatan tarik dan ketahanan beban; berisiko gagal fungsi struktural pada side frame & bolster.	Pendinginan tidak merata, tegangan termal tinggi, kandungan karbon berlebih, atau desain cetakan kurang sesuai.
2	Porosity (Rongga Udara)	Mengurangi kekuatan mekanik dan ketahanan lelah; muncul lubang-lubang kecil pada permukaan coran.	Gas terjebak saat pembekuan, suhu tuang terlalu rendah, atau pasir cetak terlalu lembap.
3	Shrinkage (Penyusutan)	Menyebabkan rongga besar dan ketidakseragaman struktur; menurunkan densitas dan daya tahan produk.	Desain riser kurang optimal, suplai logam cair tidak mencukupi saat pembekuan.
4	Inclusion (Partikel Asing)	Menurunkan homogenitas struktur mikro dan menjadi titik awal retak; menurunkan kualitas visual dan kekuatan produk.	Masuknya partikel pasir cetak, slag, atau oksida selama penuangan.
5	Misrun / Cold Shut	Produk tidak terisi sempurna, membentuk garis tidak menyatu; menurunkan kekuatan dan estetika produk.	Suhu tuang terlalu rendah, desain saluran tidak optimal, atau kecepatan penuangan tidak stabil.

Sumber: Hasil observasi dan laporan Quality Control PT Barata Indonesia (2025), diolah peneliti.

UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
FAKUTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

SIDANG TUGAS AKHIR PRIODE SEMESTER GASAL 2025/2026

N A M A : Moh Andrey Rifki Armadani
N B I : 1412100198
J U D U L : ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK SIDE FRAME DAN BOLSTER TERHADAP CACAT PENGECORAN BAJA MENGGUNAKAN METODE SEVEN TOOLS DI PT BARATA INDONESIA

BATAS BIMBINGAN REVISI : 1 Minggu setelah Sidang

NO	URAIAN	BAB	HALAMAN
1	Gambar cacat produk di bab 4		12/12 '25
2	Diagram pareto		
3	kesimpulan diringkas max 1 halaman.		

NO	URAIAN	BAB	HALAMAN
	P. Handy.		
1.	Ditambah analisis cacat dgn FMEA dan rekomendasi perbaikan 5W+1H ✓		
2.	Penulisan kesimpulan, 5-2 sesuai bab 4 ✓		
3.	Spacing 1.15 ✓, times New roman 11 ✓, Nomor hal diperbaiki, ✓		
4.	Hal 26-27 variabel X dan Y dihilangkan ✓		

Surabaya, 05 Desember 2025
Mengetahui
Dosen Pembimbing/Ketua Penguji,

Erni Puspanantasari Putri, ST., M.Eng.,Ph.D

Telah Direvisi,
Dosen Penguji 1,

Herlina, ST., MT

Dosen Penguji 2,

Handy Febri Satoto, ST., MT.

Dipindai dengan CamScanner