

## PENINGKATAN KUALITI PRODUK (*BILLET*) MELALUI TEKNIK ASAS KAWALAN KUALITI

MOHAMAD AZMAN CHE MAT ISA<sup>1</sup> & JAFRI MOHD ROHANI<sup>2</sup>

**Abstrak.** Teknik asas kawalan kualiti merupakan satu kaedah untuk meningkatkan kualiti dan produktiviti pengeluaran dan memastikan keperluan atau spesifikasi pelanggan dipenuhi. Dalam kajian ini, beberapa daripada tujuh teknik asas kawalan kualiti telah dipraktikkan untuk menyelesaikan dua jenis kecacatan utama dalam proses pengeluaran produk *billet* dalam industri keluli. Dua jenis kecacatan utama tersebut berdasarkan Gambar rajah Pareto ialah *pin hole* dan herotan. Dengan mengaplikasikan beberapa teknik asas kawalan kualiti seperti Gambar rajah Pareto, Carta Kawalan, Gambar rajah Sebab dan Akibat, Proses Keupayaan dan Rajah Serakan, beberapa pelan tindakan penyelesaian pembaikan telah digunakan untuk meningkatkan kualiti produk *billet*. Keputusan kajian menunjukkan kadar penurunan peratus dua jenis kecacatan utama tersebut, iaitu *pin hole* sebanyak 11% dan herotan sebanyak 2%.

*Kata kunci:* Industri keluli, Tujuh teknik asas kawalan kualiti, Carta Kawalan, Proses Keupayaan

### 1.0 PENGENALAN

Penggunaan teknik asas kawalan kualiti (TAKK) telah berjaya meningkatkan kualiti dan produktiviti produk atau proses [1–2]. Oleh sebab itu kebanyakan industri telah berminat untuk menggunakan TAKK keatas pembangunan produk atau keatas proses pengeluaran [1–3].

TAKK merupakan pengumpulan kaedah pembuatan, konsep pengurusan dan latihan yang boleh digunakan melalui organisasi atau syarikat [2]. TAKK banyak melibatkan penggunaan konsep statistik untuk memperbaiki kualiti dan mengekalkan pengawalan barangan pada tahap kualiti yang tinggi. Ia boleh digunakan untuk semua bidang pekerjaan yang dilakukan kerana konsep statistik yang digunakan dalam TAKK adalah terlalu asas dan boleh dipelajari oleh semua orang di dalam organisasi [3].

Aspek penting dalam TAKK ialah ia mesti didahului dengan sistem pencegahan berbanding dengan sistem baikpulih. Kebanyakan syarikat pada masa kini hanya memperolehi kaedah yang berkesan setelah membuat baikpulih atau proses semula. Kaedah kawalan kualiti jenis ini hanya berfungsi sebagai sistem mengesan kualiti sahaja dan ini boleh dikatakan membazir dan kurang berkesan [3–4]. TAKK menyediakan kaedah yang berkesan untuk menganalisis proses untuk mencari di-

<sup>1</sup> & <sup>2</sup> Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, Universiti Teknologi Malaysia, 81300, Skudai, Johor Darul Takzim, Malaysia. e-mail: jafri@fkm.utm.my

manakah baikpulih akan dilakukan. Di samping itu juga, ia bertujuan untuk mengelakkan barangan daripada rosak dan memperbaiki kualiti barangan [4–5]

## 2.0 KAEDAH PENGGUNAAN TAKK

Kaedah yang akan digunakan dalam kajian ini adalah seperti berikut [5–7]:

- Kertas Semakan
  - Gambarajah Pareto
  - Gambarajah Sebab dan Akibat
  - Carta Kawalan
  - Proses Keupayaan
- (i) *Kertas Semakan* – Pengumpulan data melalui kertas semakan adalah berdasarkan kepada dua item iaitu rekod bulan jumlah produk *billet* yang ditolak dan diterima dan borang kemasukan data kualiti produk *billet*.
- (ii) *Gambar Rajah Pareto* – Pemilihan jenis-jenis kecacatan pada produk *billet* adalah penting kerana daripada analisis inilah akan ditentukan jenis kecacatan yang akan dikaji seterusnya. Pemilihan jenis kecacatan adalah berdasarkan kepada jumlah kekerapan yang terjadi.
- (iii) *Gambar Rajah Sebab dan Akibat* – Gambar rajah sebab dan akibat dapat menunjukkan beberapa faktor penyebab yang berlakunya kecacatan. Di sini gambar rajah sebab dan akibat dibina berdasarkan kepada jenis kecacatan yang ditentukan melalui Gambar rajah Pareto.
- (iv) *Carta Kawalan* – Pemilihan carta kawalan adalah berdasarkan kepada faktor-faktor seperti jika keputusan pemeriksaan hanya dijalankan secara pemerhatian sifat, maka, carta kawalan sifat  $\bar{p}$ ,  $n_p$ ,  $c$  dan  $u$  adalah sesuai. Akan tetapi, jika keputusan pemeriksaan dijalankan secara pengukuran dan penggunaan alatan seperti angkup vernier, contohnya, pengukuran panjang, maka, carta kawalan  $\bar{X}$ -bar dan  $R$  adalah yang paling sesuai.
- (v) *Proses Keupayaan* – Nilai  $C_p$  dan  $C_{pk}$  adalah sebagai indeks bagi menentukan sama ada proses berupaya atau tidak bagi memenuhi spesifikasi had penerima pelanggan pada produk *billet*.

## 3.0 ANALISIS KEPUTUSAN DAN PELAN TINDAKAN PEMBAIKAN: KAJIAN KES DI INDUSTRI KELULI PADA PRODUK *BILLET*

Kajian dijalankan di industri keluli ke atas produk *billet* di jabatan kilang keluli. Keluaran produk kilang keluli adalah sebanyak 291528 Metrik Tan (MT) dan jumlah kerosakan adalah sebanyak 4580 MT pada tahun 1999.

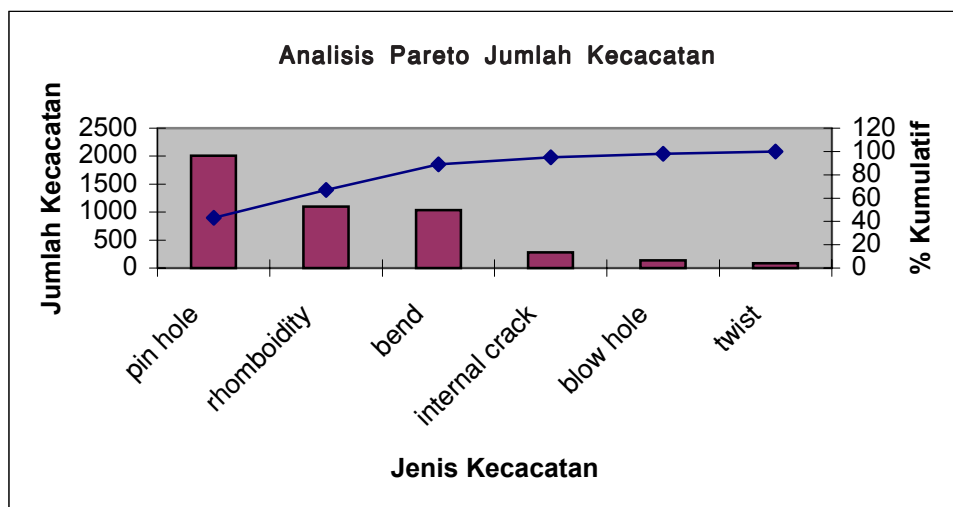
Kajian dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kualiti dan produktiviti pada keluaran produk dan sekaligus mengurangkan jumlah kerosakan dengan penggunaan TAKK. Kajian ini memberi perhatian kepada analisis jenis kecacatan di mana setiap jenis kecacatan pada produk *billet* akan dikaji. Faktor penyebab terjadinya jenis kecacatan tersebut dikenal pasti dan pelan tindakan penyelesaian pembaikan menggunakan TAKK dilaksanakan.

### 3.1 Kertas Semakan

Data bagi kajian ini telah dikumpul dari bulan Mei hingga Disember 1999 di jabatan kawalan kualiti di kilang keluli melalui kertas semakan. Data yang diperolehi ialah melalui kertas semakan rekod jumlah produk *billet* yang ditolak dan diterima dan kertas semakan borang kemasukan data kualiti produk.

### 3.2 Analisis Gambar Rajah Pareto

Pemilihan jenis-jenis kecacatan adalah penting kerana daripada analisis inilah akan ditentukan jenis kecacatan yang akan dianalisis seterusnya. Pemilihan jenis kecacatan ini berdasarkan kepada jumlah kekerapan dan jenis kecacatan yang kerap terjadi.



**Rajah 1** Analisis Pareto bagi jenis-jenis kecacatan.  
(Sumber: Azman Che Mat Isa, 2000[8])

Rajah 1 menunjukkan 89% daripada jenis-jenis kecacatan pada produk *billet* adalah disebabkan oleh tiga (3) jenis kecacatan utama, iaitu:

- (i) *Pin Hole*

- (ii) *Herotan*
- (iii) *Bend.*

Analisis Gambar rajah Pareto ini juga menunjukkan bahawa 43% daripada keseluruhan jenis-jenis kecacatan adalah disebabkan oleh jenis kecacatan *pin hole* dan herotan.

Analisis selanjutnya akan tertumpu kepada dua jenis kecacatan utama, iaitu *pin hole* dan herotan.

### 3.3 Gambar Rajah Sebab dan Akibat

Gambar rajah sebab dan akibat dapat menunjukkan beberapa faktor penyebab kepada kecacatan-kecacatan yang berlaku. Di sini gambar rajah sebab dan akibat yang dibina berdasarkan kepada kecacatan jenis *pin hole* dan herotan (Rujuk Rajah 2 dan 3).

### 3.4 Gambar Rajah Sebab dan Akibat bagi Kecacatan Jenis *Pin Hole*

Semasa proses *deoxidation*, gas oksigen, nitrogen dan hidrogen akan melarut di dalam besi cair untuk jangka masa tertentu. Bila suhu pencairan besi menurun, ianya akan mempercepatkan lagi proses pelarutan gas tadi ke dalam pencairan besi dan gas akan terkumpul semasa proses pemejalan besi.

Jika sebahagian daripada tekanan gas tadi adalah rendah daripada tekanan atmosfera maka perkembangan gas di dalam besi cair menjadi kurang dan hampir tiada gas yang terkumpul semasa proses pemejalan besi.

$$\text{Tekanan O}_2 + \text{Tekanan N}_2 + \text{Tekanan H}_2 < 1 \text{ atm}$$

Jika keseluruhan tekanan gas itu melebihi 1 atmosfera maka proses perkembangan gas berlaku dengan cepat. Proses pemejalan besi adalah penting dan jika terdapat gas atau udara yang terkumpul dalam pembentukan besi, ini akan menyebabkan terjadi rongga udara dan ia dapat dikesan pada produk *billet* yang siap.

Lebih minyak juga akan mempengaruhi pembentukan rongga udara di mana pada proses pencairan besi dalam acuan, minyak akan turut mengambil tempat dalam besi cair semasa dalam acuan dan menyebabkan terjadinya rongga udara dalam besi selepas proses pemejalan.

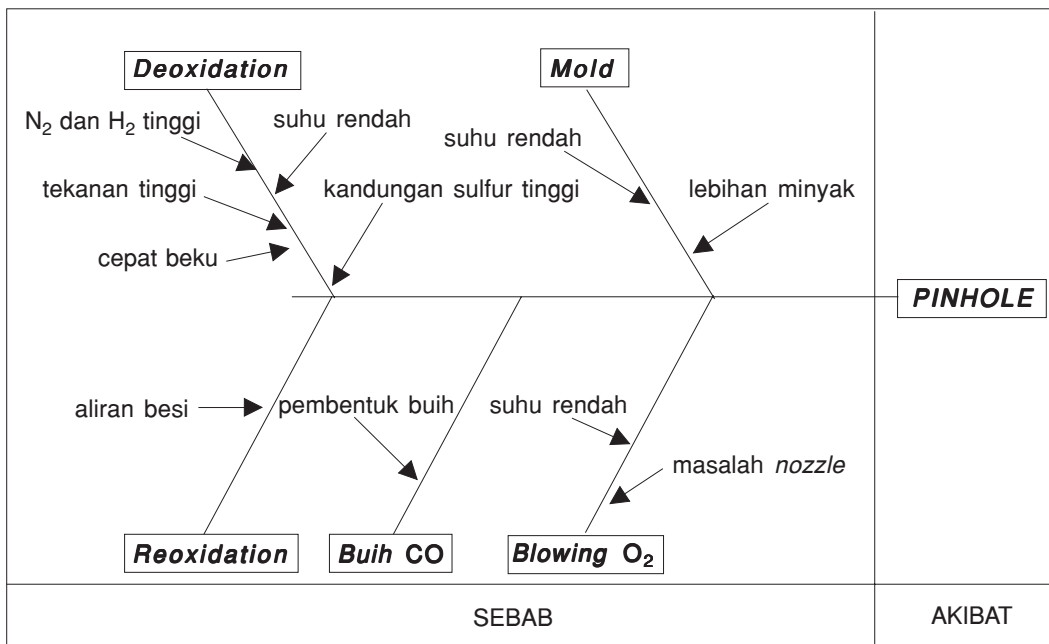
Kandungan sulfur juga perlu dikawal dalam proses pencairan besi. Jika kandungan sulfur tinggi, produk *billet* yang terhasil akan mengalami kecacatan *pin hole*. *Sulfur refining* dilakukan apabila suhu berada di antara 1520–1600°C di bahagian *ladle furnace*. Tindak balas yang terlibat adalah seperti berikut:



Oleh kerana tindak balas ini adalah tindak balas endotermik, maka kadar tindak balas akan meningkat apabila suhu leburan meningkat. Daripada persamaan di atas, *sulfur refining* dilakukan dengan menambahkan kalsium oksida (CaO) terhadap besi cair seperti dalam Jadual 1 dan Rajah 2.

**Jadual 1** Jenis kecacatan *pin hole*

Sumber kecacatan	Bagaimana untuk dilihat	Syarat penerimaan	Kesan pada produk akhir
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengurangan <i>deoxidation</i> dan kandungan N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> tinggi.</li> <li>- Pembentukan buih CO semasa proses pemejalan.</li> <li>- <i>Reoxidation</i> dari aliran besi cair.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agak susah dilihat pada permukaan <i>billet</i>.</li> <li>- Gosok dengan kertas pasir atau canai bahagian permukaan <i>billet</i>.</li> <li>- <i>Macro etching</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bagi pengelekan sejuk, bilangan <i>pin hole</i> mestilah kurang dari 12 <i>per square meter</i> dan jika lebih 12, permukaan <i>billet</i> dicanai keseluruhannya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Pin hole</i> akan menyebabkan permukaan akan meretak semasa proses pengelekan bagi produk akhir, panjang dan dalam keretakan bergantung kepada diameter <i>pin hole</i> itu</li> </ul>



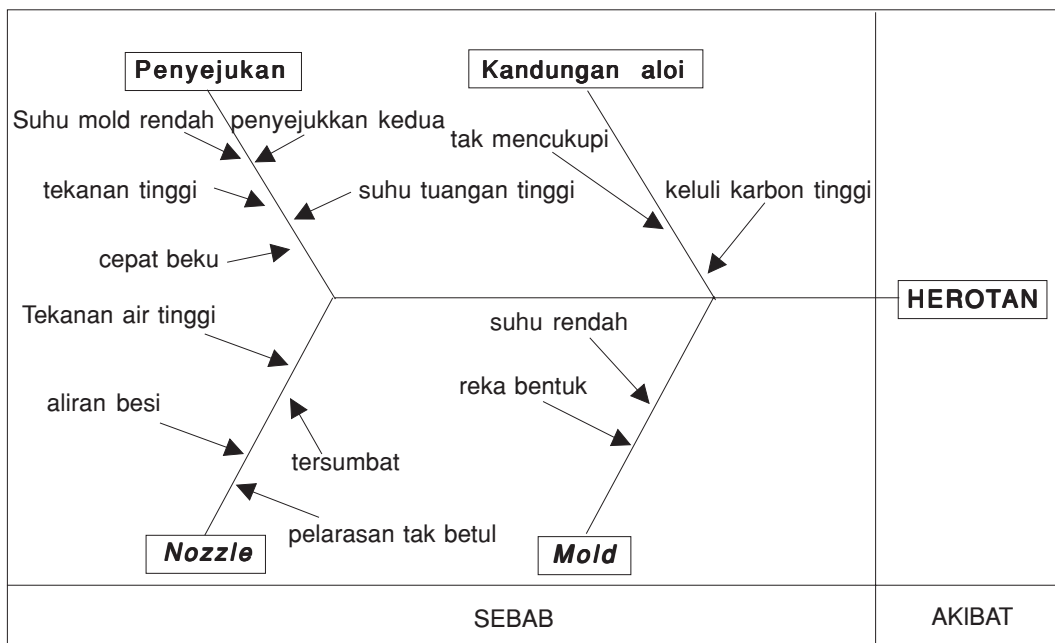
**Rajah 2** Gambar rajah Sebab dan Akibat *pin hole*

### 3.5 Gambar Rajah Sebab dan Akibat bagi Kecacatan Jenis Herotan

Kecacatan ini selalu berlaku pada keluli karbon tinggi dan ia boleh terjadi akibat proses penyejukan, kandungan *aloi*, *nozzle*, *mold* seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2 dan Rajah 3.

**Jadual 2** Jenis kecacatan herotan

Sumber kecacatan	Bagaimana untuk dilihat	Syarat penerimaan	Kesan pada produk akhir
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suhu <i>mold</i> berkurangan dan penyejukan kawasan kedua.</li> <li>- Keluli Karbon tinggi yang kritikal.</li> <li>- Suhu tuangan tinggi.</li> <li>- Kandungan besi.</li> <li>- <i>Nozzle</i> bermasalah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pada bentuk <i>billet</i> itu sendiri.</li> <li>- Pencetakan Sulfur.</li> <li>- <i>Macro etching</i>.</li> <li>- Pencanai.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permukaan yang hendak dicanai mesti kurang dari 4 mm, jika tidak <i>billet</i> tidak diterima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jika herotan lebih dari 4%, ia akan menimbulkan masalah pada proses pengelekan.</li> <li>- Jika terdapat retak pada permukaan <i>billet</i> maka ia akan lebih teruk selepas melalui proses pengelekan.</li> </ul>



**Rajah 3** Gambar rajah Sebab dan Akibat jenis kecacatan herotan

### 3.6 Pemilihan Carta Kawalan

Bagi kecacatan jenis *pin hole*, carta kawalan  $p$  telah dibina untuk menjalankan analisis ke atas kecacatan tersebut berdasarkan kepada beberapa faktor seperti berikut:

- (i) Pemeriksaan hanya dijalankan secara pemerhatian sahaja untuk kecacatan jenis *pin hole*. Oleh itu, carta kawalan jenis sifat sesuai digunakan untuk melihat jumlah kecacatan pada suatu masa.
- (ii) Saiz sampel yang diambil untuk pemeriksaan tidak malar bagi setiap minggu berdasarkan kadar pengeluaran produk *billet*.
- (iii) Data diambil berdasarkan data mingguan bermula dari pertengahan bulan Mei 1999 hingga Disember 1999.
- (iv) Saiz sampel yang diambil dalam pemeriksaan melebihi 50 unit.

Bagi carta kawalan *pemboleh ubah* iaitu untuk analisis ke atas kecacatan jenis herotan, carta kawalan  $\bar{X}$ -bar dan  $R$  boleh dipraktikkan dan ia dipilih berdasarkan kepada beberapa faktor seperti berikut:

- (i) Pengukuran yang dijalankan berdasarkan kepada panjang herotan yang terjadi pada produk *billet*.
- (ii) Jumlah saiz sampel yang diambil sebanyak 4 saiz sampel.
- (iii) Sebanyak 25 subkumpulan telah diambil.

Teknik penggunaan carta kawalan ini dapat membantu pihak jabatan kawalan kualiti dalam memastikan setiap produk yang terhasil mengikut spesifikasi yang ditetapkan dari masa ke semasa.

### 3.7 Carta Kawalan $p$ bagi Analisis Jenis Kecacatan *Pin Hole*

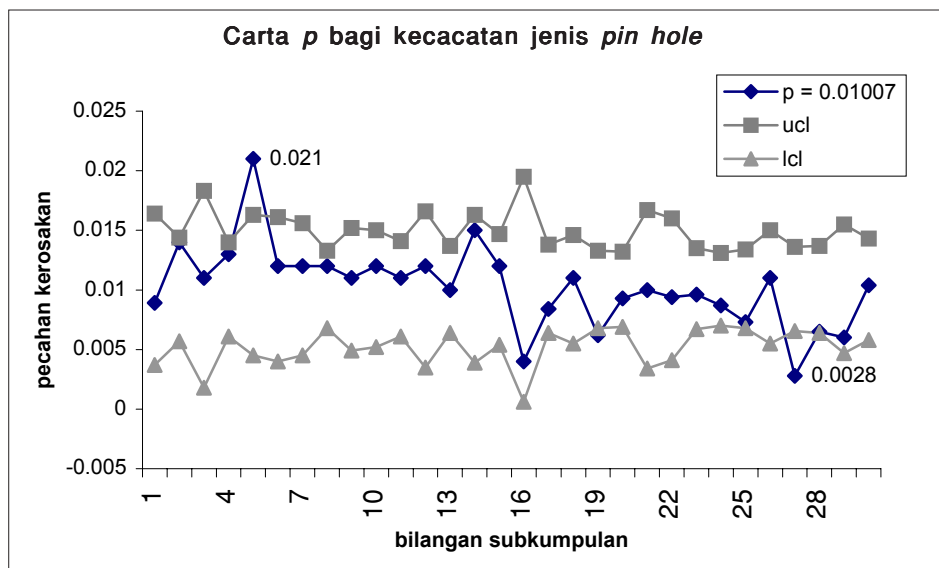
Carta kawalan  $p$  digunakan untuk menganalisis peratus kerosakan sesuatu produk iaitu *pin hole* dengan data diambil di bahagian akhir proses pemotongan dan data adalah berdasarkan kepada data mingguan dari pertengahan bulan Mei 1999 hingga akhir Disember 1999. Sebanyak 30 subkumpulan telah diambil. Pecahan kerosakan dikira berdasarkan kepada  $p = n_p/n$ .

Lampiran 1 menunjukkan variasi keupayaan proses berdasarkan kepada carta kawalan  $p$  bagi pemboleh ubah atau bilangan yang diperiksa ' $n$ ' yang berbeza. Didapati nilai ' $n$ ' berubah disebabkan oleh beberapa faktor seperti kerosakan mesin atau masalah penghantaran bahan mentah. Dari Lampiran 1 juga didapati pada minggu ke 3 dan 16, bilangan yang diperiksa adalah rendah kerana ini disebabkan oleh kegagalan pada proses seperti mesin rosak dan masalah jadual penghantaran bahan mentah. Bagi minggu ke 8, 19, 20, 24 dan 25 pemeriksaan yang dijalankan adalah tinggi disebabkan jumlah pengeluaran meningkat kerana permintaan tinggi dari pelanggan.

### 3.8 Analisis Carta Kawalan $p$

Carta kawalan  $p$  bagi analisis kecacatan jenis *pin hole* menunjukkan pengeluaran produk berada dalam kawalan. (Rajah 4). Walau bagaimanapun terdapat proses pengeluaran produk yang berada di luar had kawalan atas (UCL) iaitu pada minggu ke 5, bulan Jun 1999, akibat masalah pada bahagian pengeluaran seperti proses *deoxidation* tidak berlaku dengan baik dan ini meningkatkan jumlah kecacatan.

Pada minggu ke 27, proses pengeluaran produk berada di bawah had kawalan bawah (LCL) disebabkan oleh masa pencairan besi tidak selaras iaitu antara 20 hingga 25 minit bagi setiap operasi di bahagian *ladle furnace*.



Rajah 4 Carta kawalan  $p$  bagi jenis kecacatan *pin hole*

### 3.9 Carta Kawalan Pemboleh Ubah

Carta kawalan pemboleh ubah yang dapat dipraktik di sini adalah carta kawalan  $\bar{X}$ -bar dan  $R$ . Data diambil dari data harian dan jumlah saiz sampel ialah 4. Pemboleh ubah yang telah dipilih untuk membina carta  $\bar{X}$ -bar dan  $R$  adalah mengikut kriteria kualiti seperti pengukuran jumlah herotan yang terjadi pada keratan rentas pada *billet*. Data-data diperolehi dari juruteknik kawalan kualiti dan ia akan dirujuk kepada penyelia untuk tindakan selanjutnya. Selepas itu, carta kawalan  $\bar{X}$ -bar dan  $R$  dibina untuk mengetahui tahap keberkesanan pada proses pengeluaran produk *billet*.

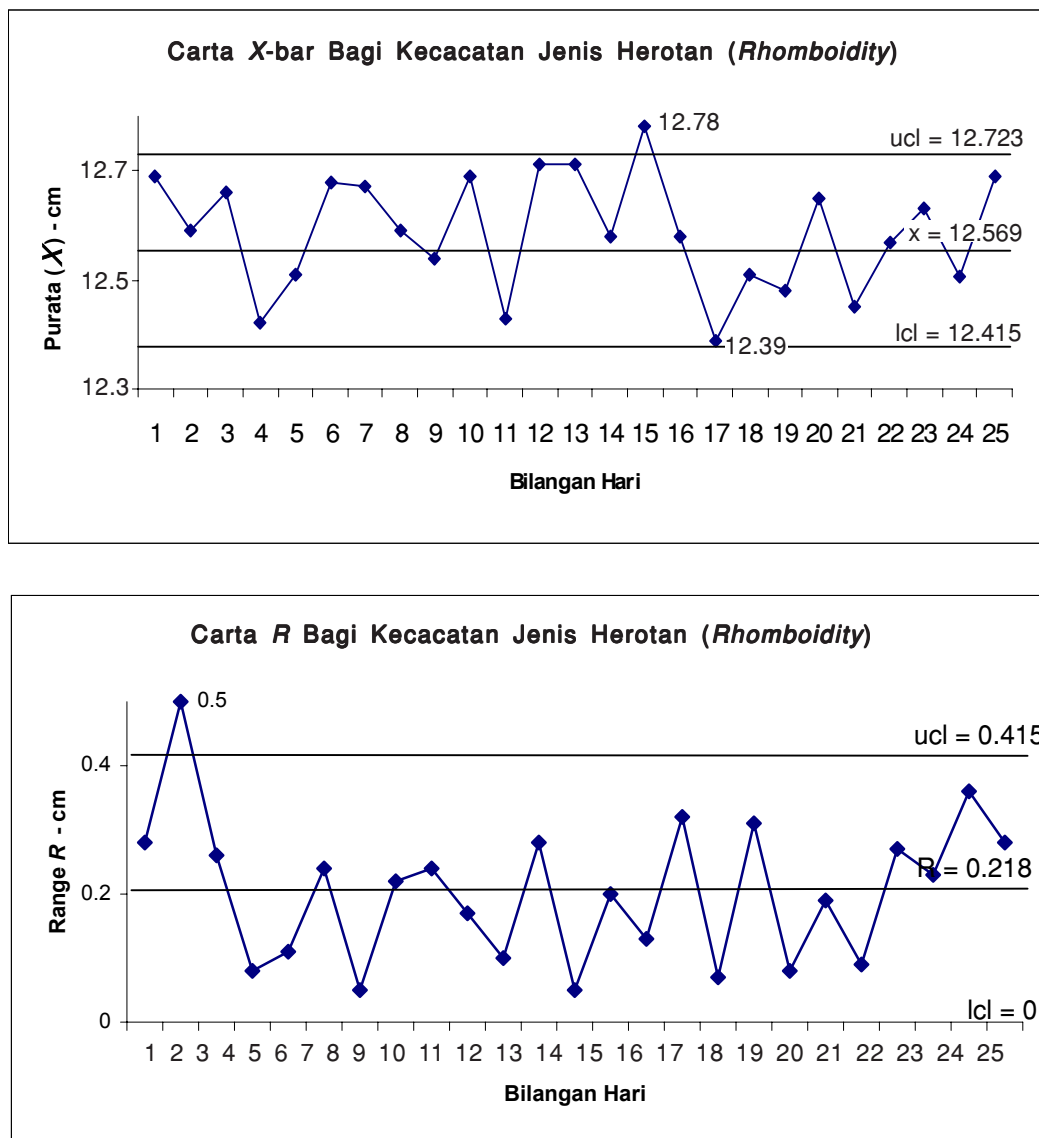
Merujuk kepada Lampiran 2 iaitu data bagi kecacatan jenis herotan di mana sebanyak 25 subkumpulan telah dipilih. Bagi sampel yang diukur, purata subkumpulan dan julat telah dikira. Dari Lampiran 2 didapati pengukuran yang terendah ialah



12.43 cm dan yang tertinggi ialah 12.84 cm dengan menggunakan subkumpulan yang rasional iaitu 4.

### 3.10 Analisis Carta $\bar{X}$ -bar dan $R$

Merujuk kepada carta  $\bar{X}$ -bar dan  $R$  dalam Rajah 5, didapati proses berada di luar kawalan statistik sebab terdapat dua titik yang terkeluar dari had kawalan carta  $\bar{X}$ -bar iaitu pada subkumpulan 15 dan 17 dan had kawalan carta  $R$  pada subkumpulan 2.



**Rajah 5** Carta  $\bar{X}$ -bar dan  $R$  bagi jenis kecacatan herotan

Anggapkan ketiga-tiga titik tersebut mempunyai sebab-sebab tertentu, maka secara amnya, proses masih berada didalam kawalan statistik kerana titik-titik lain bertabur secara rawak, tidak menunjukkan apa-apa corak dan di dalam had kawalan atas dan bawah.

Analisis seterusnya bagi carta  $R$ , titik yang di luar had kawalan pada subkumpulan 2 dikesan akibat dari kegagalan pada muncung semburan air yang perlu diperiksa setiap hari, besar kemungkinan muncung tersumbat. Analisis bagi carta  $\bar{X}$ -bar pula, titik yang di luar had kawalan pada subkumpulan 15 ini disebabkan oleh tekanan penyemburan air yang tak sekata dan bagi subkumpulan 17 pula disebabkan oleh pengawalan air di setiap kawasan semburan air tidak sekata.

### 3.11 Proses Keupayaan $C_p$ dan $C_{pk}$

Bagi mencari nilai indek keupayaan  $C_p$  dan  $C_{pk}$  bagi jenis kecacatan herotan, pihak kawalan kualiti kilang keluli menerima spesifikasi had penerima pelanggan pada produk *billet* diukur bermula 120 mm  $\times$  120 mm pada keratan rentas *billet*  $\pm$  10 mm. Pengiraan untuk mencari nilai  $C_p$  dan  $C_{pk}$  adalah seperti berikut:-

$$\begin{aligned}
 \text{Diberi,} \quad \sum X &= 314.705 \\
 g &= 25 \\
 \text{Diketahui,} \quad \mu = \bar{X} &= \frac{\sum X}{g} \\
 &= \frac{314.705}{25} \\
 &= 12.588 \\
 \sigma &= \frac{R}{d_2} \\
 &= \frac{0.204}{2.059} \\
 &= 0.1 \\
 \text{Oleh itu,} \quad C_p &= \frac{USL - LSL}{6\sigma} \\
 &= \frac{(13 - 11)}{6(0.093)} \\
 &= 3.57 \\
 C_{pk} &= \min \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right\} \\
 C_{pk} &= \min \left\{ \frac{13 - 12.588}{3(0.1)}, \frac{12.588 - 11}{3(0.1)} \right\} \\
 &= \min \{1.5, 5.66\} \\
 &= 1.5.
 \end{aligned}$$

Di sini didapati nilai  $C_{pk}$  adalah 1.373, jadi hanya terdapat sedikit sahaja kecacatan dan proses pengeluaran produk masih lagi berada dalam keadaan stabil [5].

Nilai  $C_p$  dan  $C_{pk}$  selepas dilakukan *revised control limits* adalah seperti berikut:-

$$\begin{aligned}\mu &= X_{\text{baru}} = 12.58 \\ \sigma &= R_{\text{baru}}/d_2 \\ &= 0.192/2.059 \\ &= 0.093.\end{aligned}$$

Oleh itu,

$$\begin{aligned}C_p &= \frac{USL - LSL}{6\sigma} \\ &= 13 - 11/6 (0.093) \\ &= 3.57.\end{aligned}$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right\}$$

$$\begin{aligned}C_{pk} &= \min \left\{ \frac{13 - 12.58}{3(0.093)}, \frac{12.58 - 11}{3(0.093)} \right\} \\ &= \min \{1.5, 5.66\} \\ &= 1.5.\end{aligned}$$

Oleh yang demikian nilai  $C_p \neq C_{pk}$ .

Dari pengiraan nilai  $C_p$  dan  $C_{pk}$  yang baru didapati, nilai  $C_p \neq C_{pk}$  dan ini menunjukkan proses pengeluaran produk tidak beroperasi pada had tengah spesifikasi pelanggan.

### 3.12 Pelan Tindakan oleh Pihak Industri dalam Mengurangkan Jumlah Jenis Kecacatan

Bagi mengurangkan peratus jenis kecacatan, pihak kawalan kualiti kilang keluli telah mengambil beberapa pelan tindakan penyelesaian pembaikan bagi mengurangkan jumlah kecacatan jenis *pin hole* dan herotan. Pelan tindakan yang diambil berdasarkan kepada jumlah kecacatan yang telah dicatatkan pada tahun 1999 dan pembaikan yang telah dilakukan oleh pihak kawalan kualiti. Jadual 3 menunjukkan pelan tindakan pembaikan yang telah diambil oleh pihak kawalan kualiti kilang keluli.

### 3.13 Peningkatan Kualiti Berdasarkan Perbandingan Pengurangan Tahunan

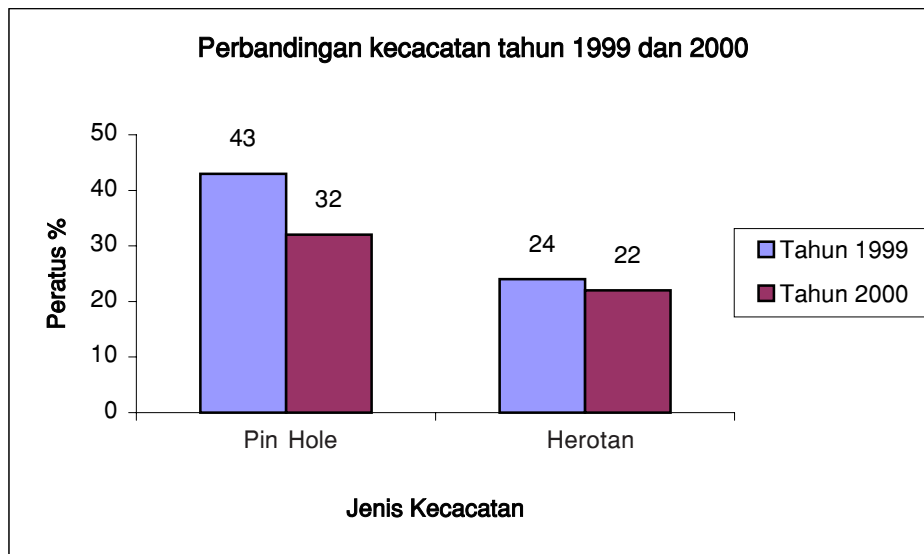
Pihak syarikat terutamanya jabatan kawalan kualiti kilang keluli telah mengambil beberapa plan tindakan bagi mengurangkan jumlah kecacatan pada produk *billet*. Analisis Pareto dalam Rajah 6 bagi tahun 1999 dan 2000 menunjukkan peratus penurunan ke atas dua jenis kecacatan utama seperti berikut:-

**Jadual 3** Pelan tindakan pembaikan oleh pihak industri.

Kecacatan	Spesifikasi	Plan Tindakan
<i>Pin hole</i>	1600 ± 20°C sulfur refining dilakukan bila suhu mencapai 1520 – 1600°C	1. Praktik proses <i>deoxidation</i> dengan baik. 2. Mengawal suhu besi cair di <i>Tundish</i> . 3. Kandungan sulfur dalam besi cair dikawal. 4. Gunakan sistem pelinciran. 5. Gunakan gas argon di <i>Ladle Furnace</i> .
Herotan	6 ± 1.5 bar  150.000m <sup>3</sup> /h 800.000m <sup>3</sup> /h 80°C ke 65°C	1. Periksa tekanan air penyejuk dari ke semasa. 2. <i>Nozzle</i> diperiksa setiap awal syif . 3. Pengawalan kadar alir di setiap kawasan penyejukan i. Kawasan pertama ii. Kawasan kedua 4. Pembaharuan suhu penyejukan kawasan kedua 5. Penukaran <i> mold </i> yang telah lama dan melakukan selenggara ke atas <i> mold </i> .

(Sumber: Azman Che Mat Isa, 2000)

- (i) Peratus penurunan bagi jenis kecacatan *pin hole* ialah 11% iaitu turun dari 43% pada tahun 1999 ke 32% pada tahun 2000
- (ii) Peratus penurunan bagi jenis kecacatan herotan ialah 2% iaitu turun dari 24% tahun 1999 ke 22% pada tahun 2000.



**Rajah 6** Perbandingan penurunan peratus jenis kecacatan tahun 1999 dan 2000  
(Sumber: Azman Che Mat Isa, 2000)

#### 4.0 KESIMPULAN

Dalam kajian ini, beberapa teknik asas kawalan kualiti seperti kertas semakan, Gambarajah Pareto, Gambarajah Sebab dan Akibat, Carta Kawalan serta Proses Keupayaan telah diaplikasikan untuk menyelesaikan dua jenis kecacatan utama iaitu *pin hole* dan herotan pada produk *billet*. Keberkesanan teknik-teknik tersebut dapat dilihat dengan penurunan ke atas kedua jenis kecacatan utama iaitu bagi jenis kecacatan *pin hole* dari 43% pada tahun 1999 ke 32% pada tahun 2000 dan penurunan bagi jenis kecacatan herotan dari 24% tahun 1999 ke 22% pada tahun 2000. Walaupun kajian ini hanya menumpukan kepada dua jenis kecacatan utama, tetapi kaedah pembaikan yang digunakan untuk menyelesaikan dua jenis kecacatan utama tersebut dapat diaplikasikan kepada jenis-jenis kecacatan lain seterusnya berdasarkan Gambarajah Pareto seperti lentur, retak dalaman, *blow hole* dan piuh pada produk *billet*.

#### RUJUKAN

- [1] Vasanthkumar G. 1996. *Statistical Procces Control*. International Conference on Quality Management, India.
- [2] Smith G. 1995. *Statistical Procces Control and Quality Improvement*. Prentice Hall.
- [3] Hansen B. L. 1993. *Quality Control Theory and Application*. New Delhi: Prentice Hall.
- [4] Devor R. E. 1995. *Statistical Quality Design And Control – Contemporary Concepts and Methods*. MacMillan Publishing Company.
- [5] Besterfield D. H. 1994. *Quality Control 4th. edition*. New Jersey: Prentice Hall Englewood Cliff.
- [6] Maki R. G. 1993. *Statistical Quality Control Applied*. Quality Progress.
- [7] Grant E. L. 1988. *Statistical Quality Control*, 6th. edition. New York: McGraw Hill.
- [8] Mohamad Azman Che Mat Isa. 2000. *Tesis Projek Sarjana Muda*, UTM, Skudai, Johor.

**LAMPIRAN 1**Jadual variasi keupayaan pengeluaran produk mengikut kecacatan jenis *pin hole*

Subkumpulan	Kuantiti Diperiksa ( $n$ )	Bilangan kecacatan ( $n_p$ )	Pecahan Kerosakan ( $P$ )	Had Kawalan UCL	LCL
1	2230	20	0.0089	0.0164	0.0037
2	4720	68	0.014	0.0144	0.0057
3	1330	15	0.011	0.0183	0.0018
4	5726	72	0.013	0.014	0.0061
5	2347	50	0.021	0.0163	0.0045
6	2468	30	0.012	0.0161	0.004
7	2884	37	0.012	0.0156	0.0045
8	8723	104	0.012	0.0133	0.0068
9	3428	80	0.011	0.0152	0.0049
10	3678	46	0.012	0.015	0.0052
11	5428	62	0.011	0.0141	0.0061
12	2083	27	0.012	0.0166	0.0035
13	6753	68	0.01	0.0137	0.0064
14	2352	45	0.015	0.0163	0.0039
15	4213	52	0.012	0.0147	0.0054
16	1003	5	0.004	0.0195	0.0006
17	6495	55	0.084	0.0138	0.0064
18	4362	50	0.011	0.0146	0.0055
19	8423	52	0.0062	0.0133	0.0068
20	8744	81	0.0093	0.0132	0.0069
21	2005	21	0.01	0.0167	0.0034
22	2551	24	0.0094	0.016	0.0041
23	7468	72	0.0096	0.0135	0.0067
24	9481	83	0.0087	0.0131	0.007
25	8340	61	0.0073	0.0134	0.0068
26	4253	46	0.011	0.015	0.0055
27	7201	2	0.0028	0.0136	0.00654
28	6690	44	0.0065	0.0137	0.0064
29	3088	21	0.006	0.0155	0.0047
30	4997	52	0.0104	0.0143	0.0058
Jumlah	143464	1445	0.3075	0.4492	0.15564

(Sumber: Azman Che Mat Isa, 2000)

**LAMPIRAN 2**

Jadual data jumlah kecacatan mengikut jenis kecacatan herotan

<i>subgroup</i>	Pengukuran				Purata $\bar{X}$	Range $R$
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$		
1	56	72	84	62	12.69	0.28
2	34	56	64	84	12.59	0.5
3	52	64	78	71	12.66	0.26
4	38	39	45	46	12.42	0.08
5	56	45	55	48	12.51	0.11
6	71	64	56	80	12.68	0.24
7	68	65	65	70	12.67	0.05
8	56	65	70	48	12.59	0.22
9	48	58	67	43	12.54	0.24
10	57	68	70	74	12.69	0.17
11	39	38	46	48	12.43	0.1
12	65	70	60	88	12.71	0.28
13	70	70	75	70	12.71	0.05
14	65	68	51	48	12.58	0.2
15	84	71	78	79	12.78	0.13
16	80	56	48	51	12.58	0.32
17	39	42	35	40	12.39	0.07
18	68	45	53	37	12.51	0.31
19	48	44	47	52	12.48	0.08
20	69	68	71	52	12.65	0.19
21	43	42	51	45	12.45	0.09
22	43	70	65	51	12.57	0.27
23	61	75	62	52	12.63	0.23
24	68	48	32	54	12.505	0.36
25	56	84	74	64	12.69	0.28
					314.705	5.11

(Sumber: Azman Che Mat Isa, 2000)