Pengendalian Kualitas Produk dengan Metode *Statistical Process Control* (SPC) dan *Human Reliability Assessment* (HRA) Guna Meningkatkan Hasil Produksi Tungku Kompor (Studi Kasus: PT. Elang Jagad-Sidoarjo)

Meynardo Dhyansa Setya Prayoga[1], Amilinda Harin Permatasari[2], dan Hastawati Chrisna Suroso[3]
Program Studi Teknik Industri, Teknologi Adhi Tama Surabaya[1], Magister Teknik Industri Insitut Teknologi Adhi Tama Surabaya[2,3]
e-mail: chrisna.suroso@itats.ac.id[3]

ABSTRACT

This research was conducted at PT. Elang Jagad and aims to find out the main causes of defects in stove products and reduce product defects in the production process. Based on the problems faced by the company today, namely wanting to improve the quality of its production, with the aim that all consumer demands can be fulfilled. In fact, the company still has defective stoves which in the end makes consumers complain about the problem of the large number of poor product quality so that in the end they return goods. Therefore, efforts are made to control the quality of furnace products to find the causes of product defects and find solutions for repairs. The research method used to solve this problem is the Statistical Process Control and Human Reliability Assessment methods. From the results of the research that has been done it is known that the most dominant cause of defects in furnace products is defects in enamel which are chipped off with a proportion of 26.98%. From the results of measuring employee performance, the largest HEP value was obtained, namely the lack of accuracy in handling and not being able to carry out SOP properly, namely 0.1632. So this factor is the most dominant that causes disability and needs to be corrected immediately.

***Keywords**: Statistical Process Control, Human Reliability Assessment, Quality Control*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di PT. Elang Jagad dan bertujuan untuk mengetahui penyebab utama *defect* pada produk tungku kompor serta untuk mengurangi cacat produk dalam proses produksi. Berdasarkan masalah yang dihadapi perusahaan saat ini yaitu ingin untuk meningkatkan kualitas produksinya, dengan tujuan agar semua permintaan konsumen dapat terpenuhi. Pada kenyataannya perusahaan masih terdapat *defect* tungku kompor yang pada akhirnya membuat konsumen melakukan complain perihal masalah banyaknya kualitas produk yang buruk sehingga akhirnya mereka melakukan *return* barang. Oleh karena itu, maka dilakukan upaya pengendalian kualitas pada produk tungku kompor untuk mencari penyebab terjadinya kecacatan produk dan mencari solusi perbaikannya. Metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah dengan metode *Statistical Process Control* dan *Human Reliability Assessment*. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa penyebab kecacatan produk tungku kompor yang paling dominan adalah cacat enamel yang terkelupas dengan persentase sebesar 26,98%. Dari hasil pengukuran kinerja karyawan didapatkan nilai HEP yang terbesar yaitu kurangnya ketelitian dalam mengerjakan serta tidak dapat menjalankan SOP dengan baik yakni sebesar 0,1632. Jadi faktor ini paling dominan yang mengakibatkan kecacatan dan harus segera diperbaiki.

Kata kunci: Automosi, contoh, *embedded system*, kendaraan air, sistem dinamis.

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri yang semakin pesat menyebabkan persaingan antarperusahaan semakin tinggi, terutama pada perusahaan yang menghasilkan produk sejenis. Salah satu upaya yang dapat dilakukan perusahaan untuk menghadapi persaingan tersebut adalah dengan meningkatkan kualitas produk. Kualitas menjadi salah satu faktor penting karena konsumen mengharapkan produk yang dibeli memiliki kualitas baik, layak digunakan, serta mampu memenuhi kebutuhan dan keinginan mereka. Oleh karena itu, perusahaan perlu menjaga kualitas mulai dari bahan baku, proses produksi, hingga produk akhir agar dapat menghasilkan produk sesuai standar dan meningkatkan kepuasan konsumen.

PT. Elang Jagad merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi tungku kompor dan berlokasi di Jl. Kolonel Sugiono No. 53, Ngingas, Waru, Sidoarjo. Perusahaan berupaya meningkatkan kualitas produksinya melalui berbagai pembenahan dalam proses produksi dengan tujuan memenuhi seluruh permintaan konsumen dan mengurangi pengembalian produk akibat kecacatan. Permasalahan produk cacat

ISSN 2775-5630

yang masih terjadi dapat menyebabkan produk tidak dapat dijual dan berpotensi memberikan dampak terhadap keuntungan perusahaan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengendalian kualitas untuk mengetahui jenis serta penyebab kecacatan yang terjadi pada produk tungku kompor.

Pengendalian kualitas merupakan suatu sistem kendali yang efektif untuk mengoordinasikan usaha penjagaan dan perbaikan mutu dalam organisasi produksi sehingga diperoleh hasil produksi yang ekonomis serta mampu memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. [1] Dalam penelitian ini digunakan metode Statistical Process Control (SPC) dan Human Reliability Assessment (HRA). SPC merupakan teknik statistik yang digunakan untuk memastikan proses produksi memenuhi standar dan produk berada dalam batas kendali. Pengendalian kualitas dengan SPC dapat menggunakan tujuh alat utama, yaitu *check sheet*, histogram, *control chart*, diagram Pareto, diagram sebab-akibat, *scatter diagram*, dan diagram proses. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis serta penyebab utama kecacatan produk.

Sementara itu, *Human Reliability Assessment* (HRA) digunakan untuk menentukan tingkat keandalan manusia dalam suatu sistem serta mengidentifikasi kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pekerjaan. Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor penyebab produk cacat pada tungku kompor serta mengetahui probabilitas kesalahan manusia pada proses produksi menggunakan metode HRA. Penggabungan metode SPC dan HRA diharapkan dapat mengidentifikasi kecacatan produk sekaligus menelusuri kontribusi faktor manusia terhadap terjadinya kecacatan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam menentukan perbaikan proses guna meningkatkan kualitas dan produktivitas perusahaan.

TINJAUAN PUSTAKA

Industri Manufaktur

Manufaktur adalah kata yang berasal dari kata bahasa latin, yaitu *manus factus* yang berarti diproduksi dengan tangan. Sedangkan kata *manufacture* pertama kali muncul di media cetak pada tahun 1576 dan kata *manufacturing* muncul tahun 1683. *Manufacture* dapat didefinisikan secara luas, yaitu mengacu pada proses mengubah bahan mentah menjadi barang jadi. Proses mengubah bahan baku menjadi barang jadi ini meliputi: desain produk, pemilihan bahan, dan langkah-langkah manufaktur dimana semua bagian dari proses yang mengubah bahan mentah menjadi barang jadi [2].

Pengendalian Kualitas

Pengendalian mutu secara statistik adalah penerapan prinsip dan teknik statistik pada setiap tahap produksi yang diarahkan untuk menuju pembuatan sebuah produk dengan cara yang paling ekonomis sehingga mencapai manfaat semaksimal mungkin dan memiliki pasar.[2] Sedangkan menurut Heizer & Render (2006) pengendalian kualitas merupakan kegiatan yang terpadu dalam perusahaan untuk menjaga dan mempertahankan kualitas produk yang dihasilkan agar dapat berjalan baik dan sesuai standar yang ditetapkan. [3]

Statistical Process Control

Salah satu metode statistik yang sering digunakan untuk memastikan bahwa suatu proses sesuai dengan standar adalah pengendalian proses *contro.* Selain itu, pengendalian proses *control* ini digunakan untuk mengawasi standar, melakukan pengukuran, dan melakukan koreksi saat barang atau jasa sedang diproduksi. [3].

Human Reliability Assessment (HRA)

Human Reliability Assessment adalah suatu jenis metode kualitatif dan kuantitatif yang digunakan untuk mengukur kinerja manusia terhadap risiko. HRA memiliki kaitannya dengan Kesehatan, Keselamatan dan Lindungan lingkungan (K3LL), HRA berfungsi untuk mengidentifikasi kesalahan apa saja yang dapat terjadi (identifikasi suatu kesalahan), mengambil keputusan bagaimana suatu kesalahan itu dapat terjadi (perhitungan dan analisa kesalahan manusia), dan menambah keandalan manusia dalam melakukan pekerjaan dengan mengurangi suatu kesalahan (pengurangan suatu kesalahan manusia).

Human Error

Human Error atau kesalahan manusia sering terjadi pada pekerja atau operator, sehingga bisa mengakibatkan pekerjaan tidak terlaksanakan dengan baik dan hasil yang didapatkan tidak baik.

Human Error secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu kumpulan kegiatan atau tindakan manusia yang melampaui batas penerimaan yang telah ditentukan oleh sistem. (Bakar, 2015)

METODE

Penelitian ini menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif, dikarenakan pada metode SPC menggunakan variabel dalam bentuk angka yang digunakan sebagai alat untuk menganalisis jumlah defect produk dan data jumlah produksi. Sementara pada metode HRA merupakan pendekatan penelitian deskriptif kualitatif. Penelitian deskriptif kualitatif merupakan penelitian yang mendeskripsikan dengan sejumlah variabel yang berkenaan dengan permasalahan yang akan diuji.

Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan alat bantu yang terdapat pada *Statistical Process Control*, dan tahap pengukuran terhadap *human error* pada proses produksi dengan metode HRA.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dengan tahap SPC:

1. Mengumpulkan data produksi dan cacay produk *(Check Sheet).*
2. Membuat Histogram.
3. Membuat Peta Kendali *P-Chart.*
4. Membuat diagram pareto.
5. Mencari faktor penyebab kecacatan atau diagram sebab akibat.

Adapun langkah-langka yang dilakukan dengan metode HRA:

1. Mengklasifikasikan jenis atau tugas pekerjaan berdasarkan *generic task*.
   Klasifikasi tugas ke dalam pilihan jenis tugas umum yang berbeda pada *generic task* selanjutnya, menentukan besaran nilai ketidakandalan manusia sesuai kategori *generic task* yang telah dipilih.
2. Mengidentifikasi kondisi yang menimbulkan kesalahan (EPC).
   Identifikasi Error Producing Conditions (EPC) untuk setiap generic task yaitu kondisi yang membawa pengaruh negatif terhadap pekerjaan, bersama total faktor efek dari tiap EPCs.
3. Menentukan asumsi proporsi kesalahan (Assessed Proportion of Affect atau APA).
   Untuk tiap EPC yang telah teridentifikasi pada langkah 2, diberikan penilaian pada seluruh ketidakandalan yang mempengaruhi tugas atau pekerjaan tersebut dengan nilai yang berkisar 0 sampai 1, di mana 0 menyatakan tidak adanya peluang terjadinya human error dan 1 menyatakan pasti terjadinya human error.
4. Menentukan HEP (Human Error Probability).
   Setelah mendapatkan nilai dari Assessed Proportion of Affect, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung besaran nilai Human Error Probability.

Tahap Analisa dan Pembahasan

1. Metode Statistical Process Control
   Analisa data dengan metode *Statistical Process Control* dilakukan dengan langkah-langkah berikut:
   a. *Check Sheet* (Lembar Pengecekan)
      Pada tahap ini data yang didapat dari perusahaan berupa data produksi dan data jumlah cacat produk, kemudian diolah menjadi suatu tabel yang tersusun rapi agar mudah untuk menganalisis data.
   b. Histogram
      Dengan membuat histogram dengan data yang sudah ada maka dapat memudahkan untuk membaca data karena ditampilkan dalam bentuk grafis balok.
   c. Perhitungan Peta Kontrol *p* (*p-chart*)
      Analisis selanjutnya yaitu dengan menggunakan peta kontrol *p* (*p-chart*), digunakan untuk mengetahui sejauh mana kerusakan yang terjadi.
   d. Diagram Pareto
      Pada tahap ini digunakan untuk menentukan permasalahan utama yang perlu diprioritaskan.
   e. Diagram Alir (*Flowchart*)

ISSN 2775-5630

Pada tahap ini digunakan sebagai acuan urutan proses produksi.

f. Diagram Sebab Akibat (*Fishbone*)
Tahap ini digunakan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab produk gagal. Secara umum dikelompokkan menjadi 5 faktor utama untuk menganalisis penyebab kerusakan, diantaranya yaitu manusia, mesin, lingkungan, material dan metode.

g. Analisa HRA
Setelah ditemukan penyebab masalah produksi dengan *fishbone*, selanjutnya dilakukan penentuan *human error* yang dapat mengakibatkan *defect* pada proses produksi.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan tahapan terakhir dalam penelitian ini. Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari awal hingga akhir yang menjawab tujuan dari penelitian. Selain itu diberikan beberapa saran dari penelitian ini.

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data proses produksi tungku kompor di PT Elang Jagad, jumlah mesin produksi, jumlah produksi, jumlah produk cacat (defect), serta jenis kecacatan yang terjadi. Selain data kuantitatif tersebut, penelitian ini juga menggunakan data kualitatif yang diperoleh melalui diskusi dan wawancara dengan Kepala Bagian Produksi untuk memperoleh informasi mengenai proses produksi dan faktor-faktor yang berpotensi menyebabkan kecacatan produk.

Tabel 1 Pengumpulan Data Pengamatan Jumlah Produksi dan Jumlah Kecacatan

Bulan	Jumlah Produksi (pcs)	Bagian Produksi		Bagian Finishing	
		Kasar (pcs)	Cuwil (pcs)	Enamel Terkelupas (pcs)	Peyang (pcs)
Januari	25.000	475	358	327	415
Februari	24.000	438	349	469	428
Maret	20.000	346	301	351	323
April	22.000	334	368	486	431
Mei	22.500	400	350	462	340
Juni	30.500	325	311	494	410
Juli	30.000	371	376	494	488
Agustus	25.000	389	414	362	314
September	30.100	428	393	498	437
Oktober	35.000	344	422	453	494
November	40.000	479	438	473	389
Desember	50.000	384	370	308	375

Sumber: Data Sekunder (2021)

Pada Tabel 1 menunjukkan tabel pengumpulan data jumlah produksi dan jenis-jenis kecacatan produksi tungku kompor pada bulan Januari-Desember. Jenis-jenis kecacatan pada tungku kompor diantaranya: kasar, cuwil, lapisan enamel terkelupas, dan peyang akibat terlalu lama dipanaskan di dalam oven.

ISSN 2775-5630

Pengolahan Data

Statistical Process Control (SPC)

Tabel 2 *Check Sheet* Pengumpulan Data Pengamatan Jumlah Produksi dan Jumlah Kecacatan

Bulan	Jumlah Produksi (pcs)	Bagian Produksi		Bagian Finishing		Total (pcs)
		Kasar (pcs)	Cuwil (pcs)	Enamel Terkelupas (pcs)	Peyang (pcs)	
Januari	25.000	475	358	327	415	1.575
Februari	24.000	438	349	469	428	1.684
Maret	20.000	346	301	351	323	1.321
April	22.000	334	368	486	431	1.619
Mei	22.500	400	350	462	340	1.552
Juni	30.500	325	311	494	410	1.540
Juli	30.000	371	376	494	488	1.729
Agustus	25.000	389	414	362	314	1.479
September	30.100	428	393	498	437	1.756
Oktober	35.000	344	422	453	494	1.713
November	40.000	479	438	473	389	1.779
Desember	50.000	384	370	308	375	1.437
Total	354.100	4.713	4.450	5.177	4.844	19.184
Rata-Rata	54.476,92	392,75	370,83	431,42	403,67	1.598,67

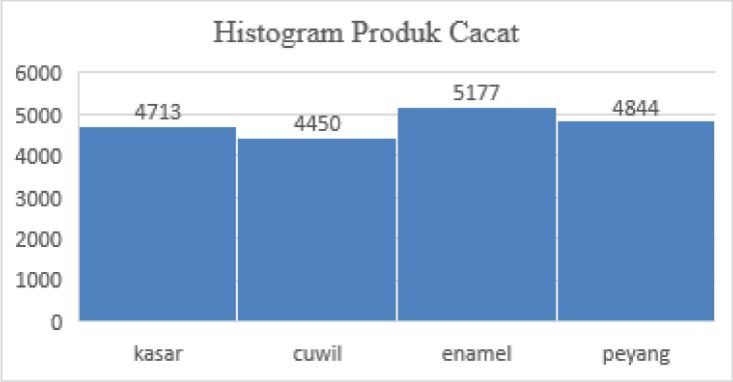
Sumber: Data Sekunder (2021)

Dari Tabel 2 menunjukkan jumlah hasil produksi tungku kompor selama 1 (satu) tahun adalah sebesar 354.000 unit. Total keseluruhan produk *defect* adalah sebesar 19.184 unit, dengan jumlah pada masing-masing sub-grup sebesar 4.713 unit, 4.450 unit, 5.177 unit, dan 4.844 unit.

1. Histogram
   Dari hasil pengumpulan data kemudian digambarkan histogram untuk mengetahui diagram naik turunnya jumlah *defect* pada setiap bulannya. Sehingga hasil produksi dapat dengan mudah dikontrol. Hasil dari histogram ditampilkan pada Gambar 2.

Tabel 3 Histogram Pengumpulan Data Pengamatan Jumlah Produksi dan Jumlah Kecacatan

Bulan	Bagian Produksi		Bagian Finishing	
	Kasar	Cuwil	Enamel Terkelupas	Peyang
Januari	475	358	327	415
Februari	438	349	469	428
Maret	346	301	351	323
April	334	368	486	431
Mei	400	350	462	340
Juni	325	311	494	410
Juli	371	376	494	488
Agustus	389	414	362	314
September	428	393	498	437
Oktober	344	422	453	494
November	479	438	473	389
Desember	384	370	308	375
Total	4713	4450	5177	4844
Rata-rata	392.75	370.83	431.41	403.66
Standar Deviasi	52.84	41.62	72.12	58.41
Median	386.5	369	465.5	412.5
Modus	-	-	494	-



Gambar 1. Histogram Produk *Defect*

Dari Gambar 2 diketahui bahwa kecacatan terbanyak adalah enamel terkelupas sebesar 5.177 produk, sedangkan paling sedikit adalah cuwil sebesar 4.450 produk. Rata-rata kecacatan tertinggi terdapat pada enamel terkelupas sebesar 431,31, sedangkan terendah pada cuwil sebesar 370,83. Nilai median tertinggi adalah enamel terkelupas sebesar 465,5, dengan modus 494.

2. Peta Kendali P
   Langkah selanjutnya adalah membuat peta kendali P untuk mengetahui apakah proses pengendalian kualitas sudah terkendali. Peta kendali P digunakan karena kecacatan produk umumnya bersifat atribut. Jika terdapat data yang berada di luar batas kendali, proses dianggap belum stabil dan memerlukan tindakan perbaikan. Tujuan peta kendali adalah mendeteksi penyebab khusus secara cepat agar perbaikan dapat segera dilakukan.
   a. Defect Kasar

Tabel 4 Rekapitulasi CL, UCL,LCL, pada *Defect* Kasar

Sampel Ke-	CL	UCL	LCL	Proporsi *Defect* Product (Kasar)
1	0.1446	0.1657	0.1235	0.1900
2	0.1446	0.1666	0.1226	0.1904
3	0.1446	0.1676	0.1215	0.1648
4	0.1446	0.1676	0.1215	0.1590
5	0.1446	0.1671	0.1221	0.1818
6	0.1446	0.1638	0.1253	0.1083
7	0.1446	0.1657	0.1235	0.1484
8	0.1446	0.1682	0.1210	0.1945
9	0.1446	0.1645	0.1246	0.1529
10	0.1446	0.1629	0.1262	0.1042
11	0.1446	0.1617	0.1275	0.1261
12	0.1446	0.1613	0.1279	0.0960

Berikut contoh perhitungan pada sampel ke-1 pada kecepatan jenis kasar:

1) Menghitung Garis Pusat (CL)

$$\boldsymbol{CL = \bar{P} = \frac{P}{n} = \frac{4713}{32600} = 0,1445}$$

2) Menghitung Batas Kendali (UCL)

$$\boldsymbol{UCL = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}}$$

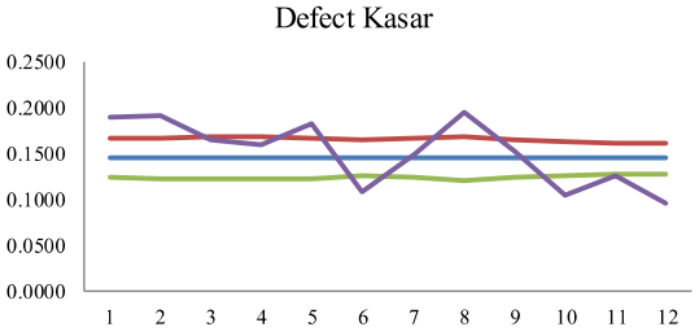
$$\boldsymbol{UCL = 0,1445 + 3\sqrt{\frac{0,1445(1-0,1445)}{2100}} = 0,1675}$$

3) Menghitung Batas Kendali Bawah (LCL)

$$\boldsymbol{LCL = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}}$$

ISSN 2775-5630

$$lCL = 0,1445 - 3\sqrt{\frac{0,1445(1-0,1445)}{2100}} = 0,1214$$



Gambar 2. Peta Kendali P Jenis *Defect* Kasar

Berdasarkan Gambar 4, proses produksi PT. Elang Jagad masih belum terkendali karena terdapat beberapa titik yang melebihi batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL). Masing-masing terdapat 4 titik yang berada di luar batas kendali. Titik 1, 2, 5, dan 8 melebihi UCL akibat tingginya jumlah *defect* kasar pada produk tungku kompor yang menyebabkan peningkatan persentase *reject*. Kondisi tersebut mengakibatkan proporsi kecacatan melebihi garis tengah dan batas kendali atas, sehingga menunjukkan adanya variasi proses produksi yang perlu dianalisis dan dikendalikan lebih lanjut.

b. *Defect* Cuwil

Tabel 5 Rekapitulasi CL, UCL, LCL, pada *Defect* Cuwil

Sampel Ke-	CL	UCL	LCL	Proporsi *Defect Product* (Cuwil)
1	0.1365	0.1571	0.1159	0.1432
2	0.1365	0.1580	0.1150	0.1517
3	0.1365	0.1590	0.1140	0.1433
4	0.1365	0.1590	0.1140	0.1752
5	0.1365	0.1585	0.1145	0.1591
6	0.1365	0.1553	0.1177	0.1037
7	0.1365	0.1571	0.1159	0.1504
8	0.1365	0.1595	0.1135	0.2070
9	0.1365	0.1560	0.1170	0.1404
10	0.1365	0.1544	0.1186	0.1279
11	0.1365	0.1532	0.1198	0.1153
12	0.1365	0.1528	0.1202	0.0925

Berikut contoh perhitungan pada sampel ke-1 pada kecacatan jenis cuwil:

1) Menghitung Garis Pusat (CL)

$$CL = \bar{P} = \frac{P}{n} = \frac{4450}{32600} = 0,1365$$

2) Menghitung Batas Kendali Atas (UCL)

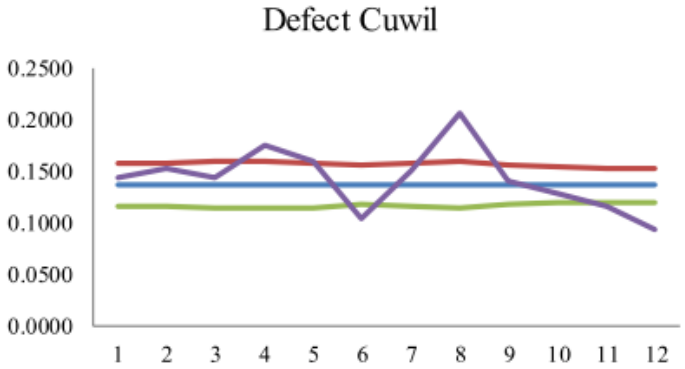
$$UCL = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

$$UCL = 0,1365 + 3\sqrt{\frac{0,1365(1-0,1365)}{2100}} = 0,1589$$

3) Menghitung Batas Kendali Bawah (LCL)

$$LCL = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

$$lCL = 0,1365 - 3\sqrt{\frac{0,1365(1-0,1365)}{2100}} = 0,1140$$



Gambar 3. Peta Kendali P Jenis *Defect* Cuwil

Berdasarkan Gambar 5, proses produksi tungku kompor PT. Elang Jagad masih tidak terkendali, dengan 3 titik melebihi UCL dan 2 titik melebihi LCL. Titik yang melebihi UCL, yaitu titik 4, 5, dan 8, disebabkan tingginya *defect* cuwil yang meningkatkan persentase *reject* dan proporsi kecacatan produk.

c. Defect Enamel Terkelupas

Tabel 6 Rekapitulasi CL, UCL, LCL pada *Defect* Enamel Terkelupas

Sampel Ke-	CL	UCL	LCL	Proporsi Defect Product (Enamel Terkelupas)
1	0.1588	0.1807	0.1369	0.1308
2	0.1588	0.1817	0.1359	0.2039
3	0.1588	0.1827	0.1349	0.1671
4	0.1588	0.1827	0.1349	0.2314
5	0.1588	0.1822	0.1354	0.2100
6	0.1588	0.1788	0.1388	0.1647
7	0.1588	0.1807	0.1369	0.1976
8	0.1588	0.1833	0.1343	0.1810
9	0.1588	0.1795	0.1381	0.1779
10	0.1588	0.1779	0.1397	0.1373
11	0.1588	0.1766	0.1410	0.1245
12	0.1588	0.1761	0.1415	0.0770

Berikut contoh perhitungan pada sampel ke-1 pada kecacatan jenis enamel terkelupas:

1) Menghitung Garis Pusat (CL)

$$CL = \bar{P} = \frac{P}{n} = \frac{5177}{32600} = 0,1588$$

2) Menghitung Batas Kendali Atas (UCL)

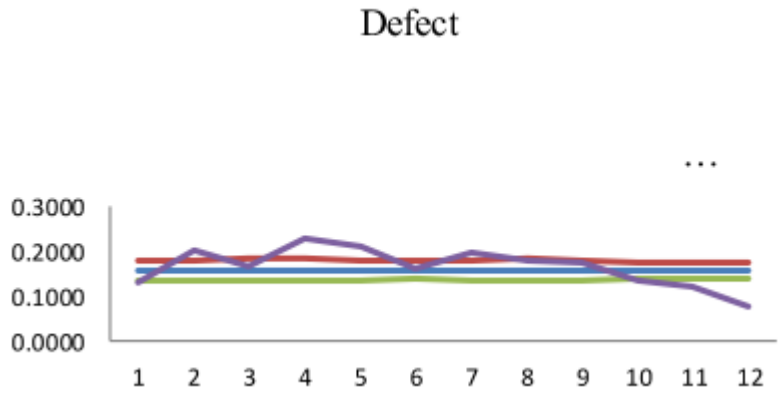
$$UCL = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

$$UCL = 0,1588 + 3\sqrt{\frac{0,1588(1-0,1588)}{2100}} = 0,1827$$

3) Menghitung Batas Kendali Bawah (LCL)

$$\boldsymbol{LCL = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}}$$

$$\boldsymbol{lCL = 0,1588 - 3\sqrt{\frac{0,1588(1-0,1588)}{2100}} = 0,1348}$$



Gambar 4. Peta Kendali P Jenis Defect Enamel Terkelupas

Berdasarkan Gambar 6, proses produksi tungku kompor PT. Elang Jagad masih belum terkendali karena terdapat 4 titik di atas UCL dan 3 titik di bawah LCL. Titik yang melebihi UCL yaitu titik 2, 4, 5, dan 7, yang disebabkan tingginya jumlah defect enamel terkelupas, sehingga meningkatkan persentase reject dan menyebabkan proporsi kecacatan melebihi batas kendali.

d. *Defect* Peyang Karena Terlalu Lama Dipanaskan

Tabel 7 rekapitulasi CL, UCL, LCL, pada *Defect* Peyang

Sampel Ke-	CL	UCL	LCL	Proporsi Defect Produk (Peyang)
1	0.1486	0.1699	0.1272	0.1660
2	0.1486	0.1708	0.1263	0.1861
3	0.1486	0.1719	0.1253	0.1538
4	0.1486	0.1719	0.1253	0.2052
5	0.1486	0.1713	0.1258	0.1545
6	0.1486	0.1681	0.1291	0.1367
7	0.1486	0.1699	0.1272	0.1952
8	0.1486	0.1724	0.1247	0.1570
9	0.1486	0.1688	0.1284	0.1561
10	0.1486	0.1672	0.1300	0.1497
11	0.1486	0.1659	0.1313	0.1024
12	0.1486	0.1655	0.1317	0.0938

Berikut contoh perhitungan pada sampel ke-1 pada kecacatan jenis peyang:

1) Menghitung Garis Pusat (CL)

$$\boldsymbol{CL = \bar{P} = \frac{P}{n} = \frac{4844}{32600} = 0,1485}$$

2) Menghitung Batas Kendali Atas (UCL)

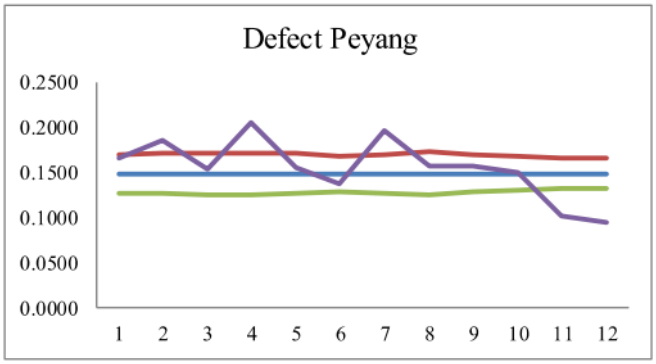
$$\boldsymbol{UCL = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}}$$

$$\boldsymbol{UCL = 0,1485 + 3\sqrt{\frac{0,1485(1-0,1485)}{2100}} = 0,1717}$$

3) Menghitung Batas Kendali Bawah (LCL)

$$\boldsymbol{LCL = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}}$$

$$\boldsymbol{lCL = 0,1485 - 3\sqrt{\frac{0,1485(1-0,1485)}{2100}} = 0,1252}$$



Gambar 5. Peta Kendali P Jenis *Defect* Peyang

Berdasarkan Gambar 6, proses produksi tungku kompor PT. Elang Jagad masih tidak terkendali, dengan 4 titik melebihi UCL dan 2 titik melebihi LCL. Titik yang melebihi UCL, yaitu titik 2, 4, 5, dan 7, disebabkan tingginya *defect* peyang yang meningkatkan persentase *reject* dan proporsi kecacatan produk.

e. *Defect* Keseluruhan

Tabel 8 Rekapitulasi CL, UCL, LCL, pada *Defect* Keseluruhan

Sampel Ke-	CL	UCL	LCL	Proporsi *Defect* Produk (Keseluruhan)
1	0.5886	0.6182	0.5591	0.6302
2	0.5886	0.6194	0.5579	0.7324
3	0.5886	0.6209	0.5564	0.6293
4	0.5886	0.6209	0.5564	0.7712
5	0.5886	0.6201	0.5572	0.7057
6	0.5886	0.6156	0.5617	0.5135
7	0.5886	0.6182	0.5591	0.6918
8	0.5886	0.6216	0.5556	0.7398
9	0.5886	0.6165	0.5607	0.6273
10	0.5886	0.6143	0.5629	0.5192
11	0.5886	0.6126	0.5647	0.4683
12	0.5886	0.6120	0.5653	0.3593

Berikut contoh perhitungan pada sampel ke-1 pada kecacatan jenis *defect* keseluruhan:

1) Menghitung Garis Pusat (CL)

$$\boldsymbol{CL = \bar{P} = \frac{P}{n} = \frac{19185}{32600} = 0,5886}$$

2) Menghitung Batas Kendali Atas (UCL)

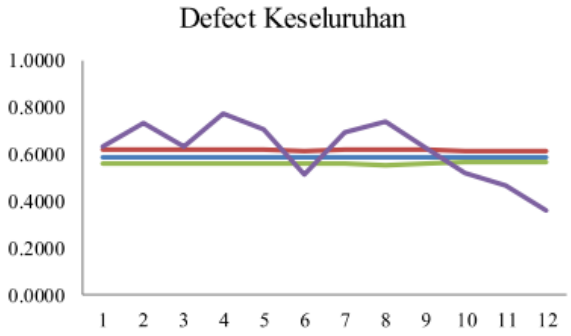
$$\boldsymbol{UCL = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}}$$

$$\boldsymbol{UCL = 0,5886 + 3\sqrt{\frac{0,5886(1-0,5886)}{2100}} = 0,6208}$$

3) Menghitung Batas Kendali Bawah (LCL)

$$LCL = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

$$lCL = 0,5886 - 3\sqrt{\frac{0,5886(1-0,5886)}{2100}} = 0,5563$$



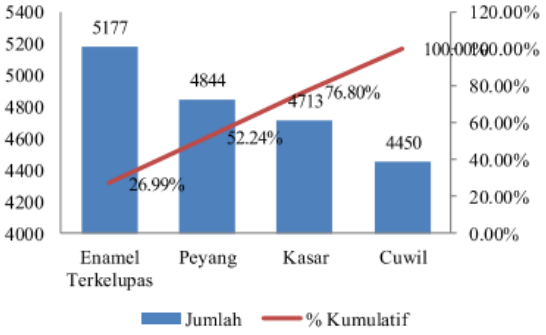
Gambar 6. Peta Kendali P Jenis *Defect* Keseluruhan

Berdasarkan Gambar 8, proses produksi PT. Elang Jagad belum terkendali karena terdapat 8 titik di atas UCL dan 4 titik di bawah LCL. Titik yang melebihi UCL yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, dan 9, yang disebabkan tingginya *defect* enamel terkelupas sehingga meningkatkan persentase *reject* dan proporsi kecacatan melebihi batas kendali.

3. Diagram Pareto

Tabel 9 Pengolahan Data Diagram Pareto

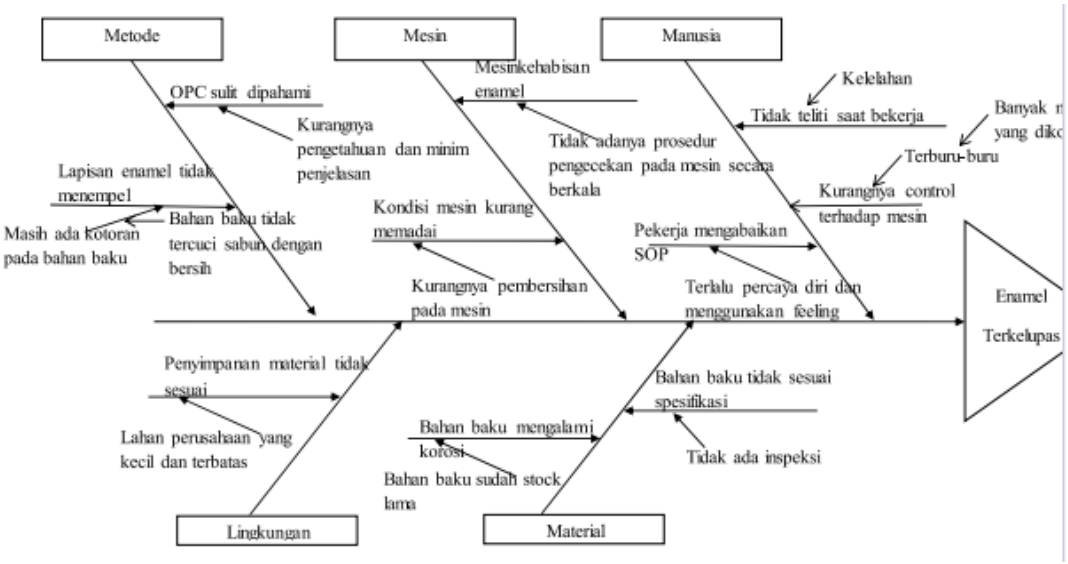
No.	Jenis Defect	Jumlah	% Presentase	% Kumulatif
1	Enamel Terkelupas	5177	26,99	26,99
2	Peyang	4844	25,25	52,24
3	Kasar	4713	24,56	76,80
4	Cuwil	4450	23,19	100



Gambar 7. Diagram Pareto

Setelah dilakukan pengolahan menggunakan diagram kendali, tahap selanjutnya adalah pengolahan menggunakan diagram Pareto. Diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi jenis kecacatan yang paling sering terjadi pada proses pembuatan tungku kompor serta mengetahui tingkat kecacatan dari yang terbesar hingga terkecil. Berdasarkan hasil pengolahan, kecacatan terbesar adalah enamel terkelupas sebanyak 5.177 unit (26,98%), diikuti peyang sebanyak 4.844 unit (25,25%), kasar sebanyak 4.713 unit (24,56%), dan cuwil sebanyak 4.450 unit (23,19%).

4. Faktor Penyebab Kecacatan (Diagram Sebab Akibat)
   Berdasarkan diagram Pareto, kecacatan terbanyak terdapat pada lapisan enamel yang terkelupas. Oleh karena itu, digunakan *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi penyebab dan akibat kecacatan tersebut sebagai dasar dalam menentukan usulan perbaikan.



Gambar 8. *Fishbone* Diagram

5. Usulan Perbaikan

Berdasarkan *fishbone diagram,* adapun beberapa usulan perbaikan yang dapat diberikan peneliti berdasarkan mesukan dari Kepala Produksi. Berikut usulan perbaikan untuk meminimalisir kecacatan pada enamel yang terkelupas.

Tabel 10 Usulan Perbaikan

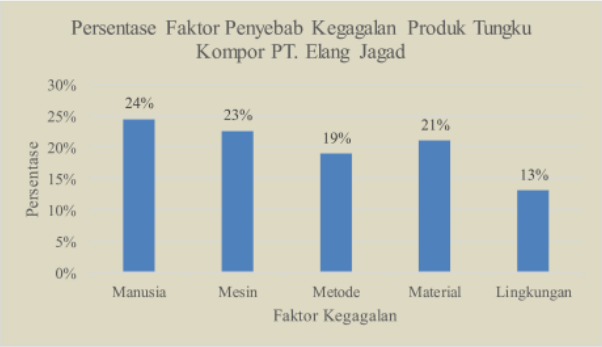
No.	Faktor Penyebab	Penyebab Kerusakan	Usulan Perbaikan
1	Manusia	a. Tidak teliti saat bekerja b. Kurangnya kontrol terhadap mesin Pekerja mengabaikan SOP	a. Melakukan pengawasan lebih ketat pada saat proses produksi b. Menambahkan tenaga kerja baru pada bagian operator mesin c. Melakukan *briefing* sebelum proses produksi
2	Metode	a. OPC sulit dipahami Lapisan enamel tidak menempel	a. Melakukan pembaharuan OPC agar lebih mudah dipahami oleh semua karyawan produksi b. Melakukan pemeriksaan secara berkala sehingga enamel dapat menempel dengan sempurna
3	Mesin	a. Mesin kehabisan enamel Kondisi mesin kurang memadai	a. Dilakukan metode pemeriksaan secara rutin sehingga enamel dalam mesin pencampur selalu sesuai dengan standar b. Dilakukan *maintenance* atau maeperawatan mesin secara berkala
4	Material	a. Bahan baku tidak sesuai Bahan baku mengalami korosi	a. Melakukan uji coba kekuatan bahan baku apakah sudah sesuai standar atau belum b. Melakukan pembelian bahan baku sesuai dengan produksi
5	Lingkungan	Penyimpanan bahan baku tidak sesuai	Melakukan *re-layout* pada beberapa bagian di perusahaan

Berdasarkan QC menunjukkan hasil bahwa produksi tungku kompor pada PT. Elang Jagad terdapat kecacatan (*defect*) yang cukup besar. Sementara, dalam *fishbone diagram* menunjukkan bahwa terdapat 5 (lima) faktor kecacatan antara lain: manusia, metode, mesin, material dan lingkungan. Berikut merupakan data presentase kegagalam dari kelima faktor tersebut:

Tabel 11 Faktor Penyebab Kegagalan

Faktor	Jenis Kerusakan				Total
	Enamel terkelupas	Peyang	Kasar	Cuwil	
Manusia	1264	1257	982	1178	4681
Mesin	1192	1002	1098	1029	4321
Metode	1172	810	813	817	3612
Material	1002	992	1129	892	4015
Lingkungan	487	783	691	534	2495
Total	5117	4844	4713	4450	19124

Dari jenis kerusakan tersebut terdapat data faktor yang menyebabkan kegagalan pada produk tungku kompor. Pada tabel tersebut data total kegagalan yang disebabkan oleh manusia sebesar 4681, mesin sebesar 4321, metode sebesar 3612, material sebesar4015 dan lingkungan sebesar 2945. Presentase faktor kegagalan dapat dilihat pada gambar



Gambar 9. Presentase Faktor Penyebab Kegagalan

Karena manusia terlibat dalam setiap proses produksi, faktor manusia menjadi penyebab utama kecacatan. Hal ini dipengaruhi oleh kurangnya pengawasan, keterampilan operator, dan pemeliharaan mesin yang berdampak pada kualitas produk. Oleh karena itu, penelitian menggunakan HRA (Human Reliability Assessment) untuk mengidentifikasi faktor yang memengaruhi kecacatan produksi tungku kompor di PT. Elang Jagad.

Human Reliability Assessment

Metode HRA digunakan untuk mengetahui tingkat kinerja dan keandalan karyawan melalui empat tahapan.

1. Menentukan *Generic Task*
   Penelitian menggunakan metode HEART (*Human Error Assessment and Reliability Technique)* untuk mengukur probabilitas terjadinya human error. Berdasarkan hasil wawancara, terdapat:
   a. Poin C: pekerjaan kompleks yang membutuhkan pemahaman dan keterampilan tinggi, dengan *human unreliability* 0,16.
   b. Poin E: pekerjaan rutin dan terlatih dengan keterampilan rendah, dengan *human unreliability* 0,02.
2. Menentukan *Error Producing Conditions* (EPC)
   Berdasarkan hasil wawancara, EPC yang memengaruhi terjadinya *defect* meliputi:
   a. EPC 15: operator tidak berpengalaman atau masih baru, dengan nilai 3.
   b. EPC 31: tingkat disiplin pekerja rendah, dengan nilai 1,2.
   c. EPC 34: siklus pekerjaan berulang dan beban kerja mental rendah, dengan nilai 1,1.
3. Identifikasi Kegagalan Operator Produksi
   Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan kesalahan (*possible error*) dan dampaknya dalam proses produksi tungku kompor.

Tabel 12 Identifikasi Kegagalan Operator Produksi

Task	*Possible Error*	Akibat
Tidak teliti saat bekerja	a. Kurangnya ketelitian di dalam mengerjakan b. Proses produksi menjadi lambat c. Melakukan kegiatan yang berulang-ulang	a. Tungku kompor tidak sesuai standar produksi b. Target produksi tidak tercapai c. Mengakibatkan kelelahan
Kurangnya *Control* terhadap mesin	a. Mesin pencampur enamel kehabisan enamel b. Kandungan enamel yang berkurang c. Banyaknya msin yang dikontrol	a. Banyaknya *rework* untuk pelapisan enamel b. Enamel tidak melekat dengan sempurna c. Mesin kurang diperhatikan
Pekerja mengabaikan SOP	a. SOP tidak dijalankan dengan baik b. Terlalu percaya diri atau mengandalkan *feeling*	a. Banyaknya produk di *recycle* b. Banyak produk tidak bisa bekerja secara maksimal

4. Menentukan asumsi proporsi kesalahan (*Assesed Proportion Affect)* atau APA
   Dari hasil wawancara, maka diperoleh nilai *assesed effect* sebagai berikut:

Tabel 13 Nilai *Assesment Effect*

Tabel EPC	*Possible Error*	*Max. Effect*	APA	*Assessed Effect*
31	Kurangnya ketelitian di dalam mengerjakan	1,2	0,1	1,02
34	Proses produksi menjadi lambat	1,1	0,1	1,01
15	Melakukan kegiatan yang berulang-ulang	3	0,4	1,8
34	Mesin pencampur enamel kehabisan enamel	1,1	0,1	1,01
34	Kandungan enamel yang berkurang	1,1	0,1	1,01
34	Banyaknya mesin yang dikontrol	1,1	0,1	1,01
31	SOP tidak dijalankan dengan baik	1,2	0,1	1,02
34	Terlalu percaya diri atau mengandalkan *feeling*	1,1	0,1	1,01

Pada tabel 13, nilai *Assesment Effect* diperoleh pada perhitungan berikut:

$$Assessed\ Effect = ((Max\ Effect - 1) \times APA) + 1$$
$$Assessed\ Effect = ((1{,}2 - 1) \times 0{,}1) + 1$$
$$Assessed\ Effect = 1{,}02$$

Bredasarkan hasil nilai Assesment Effect menunjukkan possible error tertinggi terdapat pada melakukan kegiatan yang berulang-ulang dengan nilai sebesar 1,8.

5. Rekapitulasi Hasil HEP *(Human Error Probability)*
   Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode HEART maka rekapitulasi perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut:

Tabel 14 Nilai HEP

No.	Kegagalan Tugas (Possible Error)	HEP
1	Kurangnya ketelitian di dalam mengerjakan	0.1632
2	Proses produksi menjadi lambat	0.1616
3	Melakukan kegiatan yang berulang-ulang	0.036
4	Mesin pencampur enamel kehabisan enamel	0.0202
5	Kandungan enamel yang berkurang	0.1616
6	Banyaknya mesin yang dikontrol	0.0202
7	SOP tidak dijalankan dengan baik	0.1632
8	Terlalu percaya diri atau mengandalkan feeling	0.1616

Nilai *Human Error Probability* (HEP) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\textbf{\textit{Human Error Probability}} = \textbf{\textit{Human Unreliability}} \times \textit{Assesed Effect}$$
$$\textbf{\textit{Human Error Probability}} = \textbf{\textit{0,16}} \times \textit{1,02}$$
$$\textbf{\textit{Human Error Probability}} = \textbf{\textit{0,1632}}$$

Pada Tabel 14, nilai HEP terbesar sebesar 0,1632 terdapat pada faktor kurangnya ketelitian dan tidak menjalankan SOP dengan baik, sehingga menjadi faktor dominan penyebab kecacatan dan perlu segera diperbaiki.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Statistical Process Control (SPC)

Berikut merupakan analisa *Statistical Process Control* atau SPC pada produksi tungku kompor di PT. Elang Jagad:

1. *Check Sheet*
   Berdasarkan Tabel 2, terdapat 4 jenis kecacatan pada produksi tungku kompor, yaitu kasar, cuwil, enamel terkelupas, dan peyang. Total produksi selama satu tahun mencapai 354.100 unit dengan total *defect* sebanyak 19.184 unit.
2. Histogram
   Berdasarkan histogram, jumlah defect terbanyak adalah enamel terkelupas (5.177 unit), diikuti peyang (4.844 unit), kasar (4.713 unit), dan cuwil (4.450 unit). Rata-rata kecacatan tertinggi terdapat pada enamel terkelupas sebesar 431,31, sedangkan terendah pada cuwil sebesar 370,83. Nilai median tertinggi terdapat pada enamel terkelupas sebesar 465,5, dengan nilai yang paling sering muncul sebanyak 2 kali pada jenis kecacatan tersebut.
3. Peta Kendali P
   Berdasarkan Gambar 8, proses produksi PT. Elang Jagad belum terkendali karena terdapat 8 titik di atas UCL dan 4 titik di bawah LCL. Titik yang melebihi UCL yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, dan 9, yang disebabkan tingginya *defect* enamel terkelupas sehingga meningkatkan persentase *reject* dan proporsi kecacatan melebihi CL.
4. Diagram Pareto
   Pada diagram pareto didapatkan kecacatan yang paling kuat yaitu defect enamel terkelupas sebesar 26,99%, *defect* peyang sebesar 25,25%, *defect* kasar sebesar 24,56% dan yang terakhir pada *defect* cuwil sebesar 23,19%.
5. Diagram Tulang Ikan (*Fishbone*)
   Berdasarkan Tabel 10, jenis cacat enamel terkelupas merupakan kecacatan paling dominan. Faktor penyebab kecacatan berasal dari manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan, yang kemudian dianalisis untuk menentukan sumber penyebab utama.

Analisa Human Reliability Assesment

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Human Reliability Assessment*, diperlukan perbaikan untuk mengurangi kemungkinan *human error* sehingga dapat meminimalkan persentase *defect* pada proses produksi tungku kompor. Oleh karena itu, disusun beberapa usulan perbaikan yang dapat diterapkan perusahaan dalam menangani *human error*.

1. Penambahan instruksi kerja tertulis pada area produksi
   Hasil analisis *Human Reliability Assessment* menunjukkan bahwa *possible error task* 7, yaitu kurangnya ketelitian dalam mengerjakan, dipengaruhi oleh kurangnya instruksi kerja tertulis di area produksi. Oleh karena itu, PT. Elang Jagad perlu menyediakan instruksi kerja yang jelas dan tertulis terkait proses produksi dan pengoperasian mesin untuk mengurangi *human error* dan mencegah produk tidak sesuai standar.
2. Pelatihan Karyawan
   Untuk meminimalkan *reject*, perusahaan perlu memberikan pelatihan dan evaluasi bagi karyawan baru atau yang belum mahir. Instruksi kerja yang jelas dapat membantu operator memahami cara kerja yang benar dan efisien. Selain itu, komunikasi dan kerja sama antara karyawan, atasan, dan bawahan perlu ditingkatkan untuk menciptakan lingkungan kerja yang nyaman serta mengurangi terjadinya *reject*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat empat jenis kecacatan pada produk tungku kompor di PT Elang Jagad-Sidoarjo, yaitu cacat kasar, cacat cuwil, enamel terkelupas, dan cacat peyang. Berdasarkan analisis diagram Pareto, cacat enamel terkelupas merupakan jenis kecacatan yang paling dominan dengan frekuensi 5.177 unit atau sebesar 26,98% dari total kecacatan. Sementara itu, hasil analisis *Human Reliability Assessment* menunjukkan bahwa nilai *Human Error Probability* (HEP) tertinggi sebesar 0,1632 terdapat pada faktor kurangnya ketelitian dan ketidakmampuan operator dalam menjalankan SOP dengan baik. Oleh karena itu, usulan perbaikan yang diberikan adalah penyediaan instruksi kerja yang jelas dan tertulis serta

pemberian pembekalan kepada karyawan baru atau operator yang belum mahir agar dapat melaksanakan proses kerja sesuai prosedur yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Prihantoro, R. (2012). *Konsep Pengendalian Mutu*. Remaja Rosda Karya.
[2] Suprianto, E. (2020). Pengendalian Kualitas Produksi Menggunakan Alat Bantu Statistik (Seven Tools) dalam Upaya Menekan Tingkat Kerusakan Produksi. *Jurnal Industri Elektro Dan Penerbangan*, 6(2).
[3] Heizer, J., & Render, B. (2006). *Manajemen Operasi: Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan*. Salemba Empat.
[4] Hasni, R. (2013). Analisa Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Statistical Quality Control (SQC). *Industriai Engineering Journal*.