

RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI PENYIMPANGAN DEFORMASI BENDING DI PT. X

Muhammad Syafri Lubis¹, Margono Sugeng²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta Selatan

Email: syafriimhammad@yahoo.com

Abstract

PT. X is an automotive manufacturing that produce kind of any vehicle on Indonesia. Bending process is one of process system in PT. X. As the biggest manufacturing which have so many consument in Indonesia, on time delivery is an important things that have to kept costumers smile achievement. From the main factor before if any proces that related delay delivery have to fastly contermesure and standardization guarantee for reoccurrence problem. With using 6 step Kaizen methode and focus to bending frame assy process and frame assy robot process that give the biggest impact to delivery, so as this reason the author make a target for both process can be guaranted as process delivery.

Keywords: Deformation, Frame Assy, bending frame

PENDAHULUAN

Di Era globalisasi saat ini, *automotive* adalah sebuah industri yang sangat berkembang. Hal ini dapat terlihat, dengan berkembangnya industri *automotive* saat ini terutama di Indonesia. *Automotive* bukan lagi dianggap sebagai barang mewah, dalam berbagai aspek masyarakat saat ini *automotive* merupakan kebutuhan untuk dapat menjalankan roda kehidupan.

Untuk menjaga kondisi pasar diatas, selain dari pada kualitas maka *on time delivery* ke konsumen juga memegang peranan penting dalam proses produksi. PT. X sebagai afiliasi dari pabrikan mobil terbesar di dunia saat ini, sangat menjaga hal ini agar lancarnya kondisi bisnis saat ini. Untuk dalam menunjang hal tersebut maka meminimalisir *line stop* adalah peranan penting yang harus dijaga.

Beberapa waktu lalu, di PT. X sering terjadi masalah errornya mesin robot (Rearc-I) pada saat melakukan proses. Secara mesin robot tidak ada masalah, dan yang menjadi masalah adalah output dari mesin proses sebelumnya yaitu FTA-II proses. Ternyata mesin tersebut dalam kondisi yang tidak maksimal, namun hanya diketahui ketika output menjadi masalah di proses selanjutnya.

Namun, dalam menanggapi kasus ini terdapat dua permasalahan yang harus diselesaikan dalam hal ini adalah problem leakage dan

problem *detection* yang menyebabkan problem ini menjadi outflow ke proses selanjutnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Hal ini perlu diketahui dasar-dasar teori mengenai bagaimana pengukuran, pengendalian proses, sifat-sifat mekanik suatu bahan, tegangan dan regangan yang diterima oleh bahan.

Teknik Pengukuran

Pengukuran adalah penentuan nilai dari besaran, dimensi, ataupun suatu kapasitas dari nilai standard atau satuan ukur. Pengukuran tidak hanya terbatas pada suatu kuantitas fisik, tetapi juga dapat diperluas untuk mengukur hampir semua benda yang dapat dibayangkan, seperti angka ketidakpastian, atau level kepercayaan konsumen.

Metrologi Pengukuran

Metrologi mencakup kedalam tiga hal utama yaitu: Pertama, penetapan definisi satuan-satuan ukuran yang diterima secara internasional, misalkan saja adalah meter, kilogram, dsb. Kedua, perwujudan satuan-satuan ukuran berdasarkan metode-metode ilmiah, misal perwujudan nilai meter menggunakan gelombang cahaya laser. Ketiga, penetapan rantai ketertelusuran dengan menentukan dan merekam nilai dan akurasi suatu pengukuran dan menyebarluaskan pengetahuan tersebut, misalnya hubungan (perbandingan) antara nilai ukur sebuah

mikrometer ulir terhadap balok ukur sebagai standar panjang di laboratorium.

Sensor

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut Transduser. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan orde nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi.

Enam Langkah Kaizen

Secara umum, ada enam langkah utama dalam Kaizen, Gambar 2.9, dan langkah-langkah itu serupa dengan metodologi lain, seperti metode ilmiah dan pemecahan masalah. Sebagaimana yang akan didiskusikan sepanjang sisa buku kerja ini, perbedaan yang mendasar adalah dalam kaizen terdapat tingkat kebebasan yang lebih tinggi dan penekanan yang lebih besar pada pencetusan ide orisinal. Secara umum, semua metodologi perbaikan mengikuti suatu pola dasar, yaitu Rencanakan-Lakukan-Periksa-Perbaiki, dan proses kaizen tidaklah berbeda.

Seven Tools

Dalam *seven tools* dinyatakan bahwa dalam melakukan suatu penelitian dibutuhkan 7 alat bantu sebagai penunjang pengorganisasian masalah. Pertama, *check sheet*. Kedua, stratifikasi. Ketiga, diagram pareto. Keempat, diagram sebab akibat. Kelima, *control chart*. Keenam, histogram. Ketujuh, *scatter diagram*.

Pengendalian Proses

Kualitas suatu produk merupakan salah satu faktor penting dimana menjadi kunci suatu perusahaan dalam menjaga daya saingnya untuk lebih berkembang dibandingkan dengan kompetitornya. Dalam menghasilkan output produksi yang bagus, maka disetiap proses pembuatan suatu produk jadi haruslah dikontrol secara kontiniu. Pengontrolan terhadap kualitas suatu produk dapat dilakukan dengan cara statistic dengan menggunakan metode *SPC* (*Statistical Process Control*).

Sifat Mekanik Bahan

Sifat mekanik didefinisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk membawa atau menahan gaya atau tegangan. Pada saat menahan beban, atom-atom atau struktur molekul berada dalam kesetimbangan. Gaya

ikatan pada struktur menahan setiap usaha untuk mengganggu kesetimbangan ini, misalnya gaya luar atau beban.

Tegangan

Tegangan adalah tahanan material terhadap gaya atau beban. Tegangan diukur dalam bentuk gaya per luas. Tegangan normal adalah tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan dimana tegangan tersebut diterapkan. Tegangan normal berupa tarikan atau tekanan. Satuan SI untuk tegangan normal adalah *Newton* per meter kuadrat (N/m^2) atau *Pascal* (Pa).

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = Tegangan (N/mm^2)

F = Gaya (N)

A = Luas (mm^2)

Regangan

Regangan didefinisikan sebagai perubahan ukuran atau bentuk material dari panjang awal sebagai hasil karya dari gaya yang menarik atau yang menekan pada material. Apabila suatu spesimen struktur material diikat pada jepitan mesin pengujian dan beban serta pertambahan panjang spesifikasi diamati serempak, maka dapat digambarkan pengamatan pada grafik dimana ordinat menyatakan beban dan absis menyatakan pertambahan panjang.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

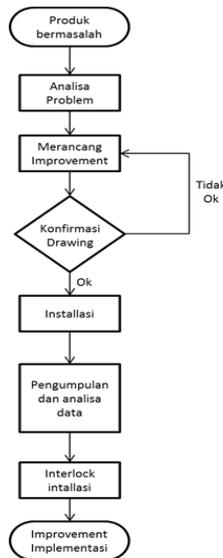
ε = Regangan (%)

Δl = Perubahan Panjang (m)

l_0 = Panjang awal (m)

METODE DAN PENGOLAHAN DATA

Dalam hal pemecahan masalah, metode yang digunakan adalah dengan menggunakan metode 6 langkah kaizen. Dengan proses pengumpulan data di PT. X dalam hal ini, metode pengumpulan data dilakukan secara langsung. Berawal dari latar belakang masalah dan tujuan masalah, lalu dilanjutkan untuk melakukan kalifikasi masalah dengan data-data yang tersedia dilapangan. Dari permasalahan yang ditemukan, maka dilakukan breakdown analysis sehingga dapat diketahui apa yang sebenarnya menjadi pokok dari permasalahan. Setelah mendapatkan pokok permasalahan maka selanjutnya untuk mulai melakukan perencanaan perbaikan.



Gambar 1. Flow chart metode penelitian

Prosedur Pengambilan Data

Untuk penunjang dalam pengumpulan data, dalam hal ini maka perlu diketahui bagaimana kondisi produktifitas yang terjadi dalam kurun waktu 3 bulan terakhir. Sementara itu, dalam satu bulan (Maret 2016) terakhir di PT. X, terjadi permasalahan *JIG error* di robot *Frame Assy* proses yang menghambat kelancaran produksinya. Dalam hal ini, permasalahan ini terjadi sebanyak 5.18 kali perharinya dari rata-rata kejadian dalam bulan maret 2016.

Alat Yang Digunakan

Untuk menentukan alat apa saja yang akan digunakan dalam hal ini adalah pertama sekali penulis mencoba untuk melihat kondisi area yang akan menjadi objek deteksi deformasi *bending*. Perlu beberapa hal yang menjadi pertimbangan lanjutan dalam menentukan *improvement* ini. Pertama, pertimbangan terhadap *space* yang tersedia haruslah bisa memberikan referensi untuk alat apa yang akan digunakan sebagai perbaikan. Kedua, pertimbangan terhadap kondisi lingkungan juga menjadi perhatian dalam pemilihan perbaikan. Ketiga, bagaimana kecenderungan mesin yang akan diperbaiki.

Spesifikasi Data

Dalam hal ini, pressure yang diberikan oleh mesin *bending* sangat menentukan hasil bentuk dari benda kerjanya. Secara standard pressure yang diberikan oleh mesin terhadap benda kerja adalah min. 290 kN. Namun, seperti yang sudah disebutkan sebelumnya pada latar

belakang masalah bahwa yang pressure actual adalah 140-180 kN.

Tabel 1. Tabel *pressure* actual mesin bending

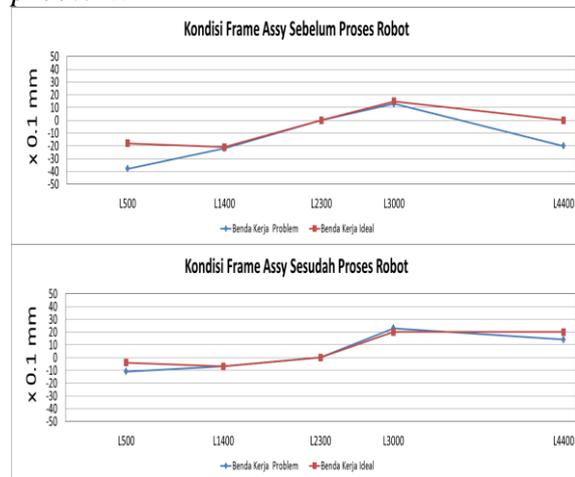
3-Apr-16

Cylinder 1	Cylinder 2	Cylinder 3	Cylinder 4
140 KN	160 KN	180 KN	180 KN

Perhitungan Getaran *Center Register*

Benda kerja atau yang lebih sering juga dikenal dengan sebutan *part* merupakan produk yang akan dibentuk di setiap proses. Butuh keakuratan dari benda kerja yang sesuai dengan kondisi mesin untuk mendapatkan *smooth* proses. Berdasarkan hal tersebut pula, yang menuntun penulis untuk menganalisa bagaimana kondisi benda kerjanya.

Langkah pertama penulis mencoba untuk membandingkan bagaimana sebenarnya kondisi benda kerja yang menyebabkan masalah dengan kondisi benda kerja yang tidak menyebabkan masalah. Dari kegiatan ini ditargetkan untuk dapat mengetahui kondisi benda kerja yang ideal untuk dapat diproses oleh mesin. Gambar dibawah adalah merupakan grafik yang menggambarkan perbedaan benda kerja (*frame assy*) dalam kondisi ideal dengan benda kerja (*frame assy*) dalam kondisi *problem*.



Pengolahan Data

Dari data yang didapatkan bahwa terdapat perbedaan deformasi yang terjadi pada *output* mesin bending. Yang dalam hal ini, juga diikuti dengan kurangnya *pressure* dari mesin bending itu sendiri. Maka, dengan menghitung perbedaan regangan yang terjadi antara kedua kondisi yang berbeda tersebut adalah bisa terlihat dengan menghitung beban atau force yang diberikan pada benda kerja.

Dengan menjabarkan persamaan di atas, maka akan didapatkan suatu persamaan pendekatan sebagai berikut :

$$\Delta l = F \dots\dots\dots(\text{Persamaan IV})$$

Dapat disimpulkan dari persamaan di atas adalah bahwa Δl akan sebanding linier terhadap F yang diberikan. Sehingga untuk menghubungkan hal tersebut dapat dihubungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{F1}{F2} = \frac{\Delta l1}{\Delta l2} \dots\dots\dots(\text{Persamaan V})$$

Maka dari nilai *pressure* yang diberikan mesin bending terhadap benda kerja pada kondisi terjadi masalah adalah sebesar 165 kN ($F2$). Dan dengan kondisi normal *pressure* sebesar 290 kN, perubahan deformasi ($\Delta l1$) yang diberikan terhadap benda kerja adalah sebesar 3.0 mm. Maka, dapat diketahui bahwa nilai perubahan deformasi pada saat kondisi bermasalah ($\Delta l2$) adalah;

$$\Delta l2 = \frac{3.0 \text{ mm} * 165 \text{ kN}}{290 \text{ kN}} = 1.7 \text{ mm}$$

Dengan mengetahui nilai dari $\Delta l2$ dan untuk mengetahui berapa besar regangan yang dialami pada kondisi tersebut adalah:

$$\epsilon = \frac{1.7 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 3.4\%$$

Jika nilai regangan yang diakibatkan oleh *pressure* $F2$ adalah 3.4%, agar nilai $\Delta l2 \approx \Delta l1$ maka dengan kondisi $\Delta l2$ diberikan *pressure* $F2$ kembali, akan didapatkan nilai $\Delta l3$ sebagai stabilisasi nilai $\Delta l2$ yang kondisinya dibawah dari nilai yang diinginkan.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots\dots\dots(\text{Persamaan I})$$

$$3.4\% = \frac{\Delta l2'}{(50 + 1.7) \text{ mm}}$$

$$\Delta l2' = 3.4\% * 51.7 \text{ mm}$$

$$\Delta l2' = 1.75 \text{ mm}$$

Sehingga nilai dari $\Delta l3$ adalah sebagai berikut :

$$\Delta l3 = \Delta l2 + \Delta l2'$$

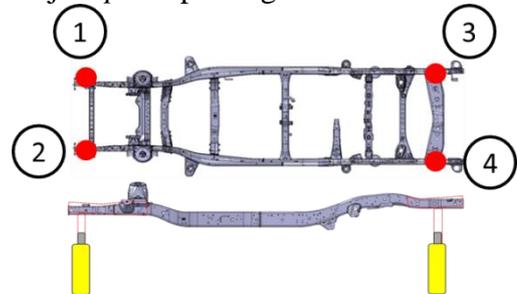
$$\Delta l3 = 1.7 + 1.75 = 3.45 \text{ mm}$$

Dari perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa dengan kondisi *pressure* $F2$, jika benda kerja dilakukan proses *rebending* maka nilai deformasi yang akan diterima oleh benda kerja tersebut akan *equivalen* terhadap nilai deformasi normalnya.

ANALISIS HASIL

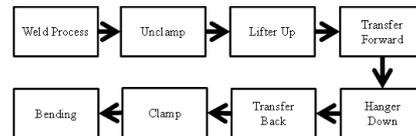
Perancangan Alat

Dalam perancangan alat yang akan dibuat adalah bagaimana membuat suatu alat yang dapat menjadi pendeteksi *output* dari benda kerja, bahwa tidak akan ada benda kerja yang tidak sesuai dengan kondisi ideal yang masuk ke proses pengelasan robot. Untuk itu, memahami bagaimana kondisi suatu proses harus menjadi *point* penting dalam hal ini.



Gambar 4.1 Ilustrasi proses *bending*

Dari gambar diatas terlihat bahwa proses bending terjadi benda kerja dimana ada 4 titik yang menjadi poin proses bending. Pada masing-masing poin ini akan menjadi objek yang akan di deteksi oleh sensor yang digunakan.

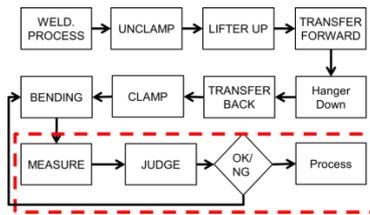


Gambar 4.2 Urutan *step* kerja pada mesin *bending* proses

Pada gambar 4.2 dapat terlihat bahwa setelah bending proses sudah tidak ada proses selanjutnya yang dapat menjadi garansi *output* setelah *bending* sudah dalam kondisi ideal atau tidak. Untuk secara *step* kerja mesin juga perlu untuk dilakukan perubahan sebagai bahan awal untuk melakukan improvisasi mesin.

Sebagai bahan pertimbangan dalam menjaga *output* dari hasil *bending* maka secara *step* kerja dari mesin akan ditambahkan proses pengukuran dari *output* benda kerja mesin sendiri. Sehingga nantinya setelah dilakukan bending proses maka akan dilakukan pengukuran terhadap benda kerja tersebut. Karena alat yang akan dibuat adalah untuk menggaransi hasil dari bending proses, maka apabila hasil dari *bending* tidak sesuai dengan yang diinginkan akan dilakukan proses *bending* kembali. Pada gambar 4.3 adalah bagaimana *step* kerja dari mesin bending proses, yang

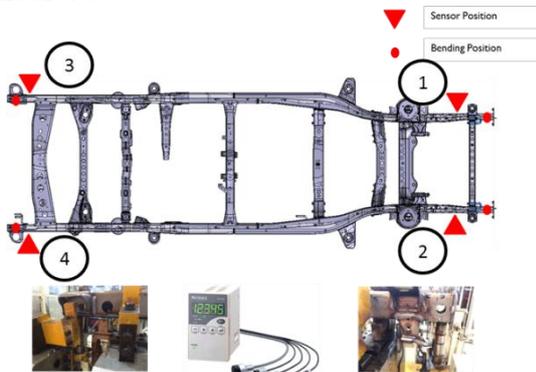
diubah agar dapat menggaransi kondisi benda kerja yang ideal.



Gambar 4.3 Urutan step kerja pada mesin bending proses yang diimprovisasi.

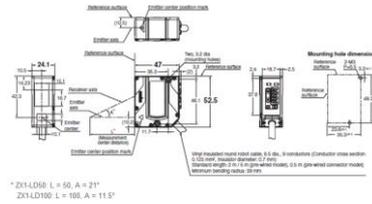
Sensor yang akan digunakan dalam hal ini sangat perlu dipertimbangkan mengingat faktor lingkungan akan sangat mempengaruhi kinerja dari sebuah sensor. Pada gambar sebelumnya yang telah disebutkan di bab III, bahwa range temperatur pada proses mesin bending adalah berada pada 25°C – 36°C. Untuk itu, hal ini menjadi salah satu acuan dalam pemilihan sensor.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya terkait dengan perancangan alat, bahwa nantinya penulis akan menggunakan 4 buah sensor sebagai pendeteksi hal benda kerja. Sensor-sensor ini akan ditempatkan dekat dengan benda kerja yang mengalami secara langsung proses bending ini. Untuk itu posisi ini akan digambarkan kedalam sketsa konsep pada gambar 4.5.

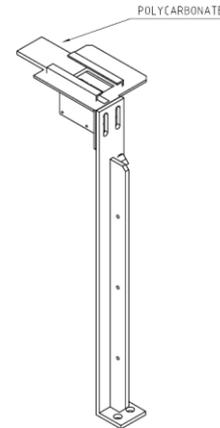


Gambar 4.5 Sketsa konsep pemasangan sensor

Dengan dimensi sensor yang hanya berukuran 47.0x52.5x24.1 mm (dapat terlihat pada gambar 4.6). Dengan space yang tersedia seluas 40x150x500 mm. Maka, dibutuhkan supporting sebagai penyangga sensor agar bisa terposisi secara *independent* untuk mendeteksi benda kerja. Selain berfungsi sebagai penyangga, sensor juga harus diberikan *cover* sebagai pelindung untuk menjaga sensor dari debu ataupun *dust manufacturing*.



Gambar 4.6 Dimensi sensor (Omron Catalogue, 2016)



Gambar 4.7 Support sensor *measurement*

Gambar 4.8, adalah Sensor yang digunakan berfungsi sebagai alat ukur benda kerja. Sensor ini akan mengukur posisi dari benda ukur tersebut sehingga posisi inilah yang menjadi tolak ukur sebagai kondisi yang diinginkan. Tentunya penyesuaian jarak antara sensor dengan benda kerja haruslah tidak menimbulkan efek terhadap keakuratan deteksi sensor.

Instalasi *Interlock Rebending*

Pada tahap awal *endurance trial* sensor digunakan untuk melakukan recording data sebanyak 2199 data. Dari data tersebut akan diambil sampling sebanyak 100 data dan diolah untuk mendapatkan nilai toleransi terbaiknya agar nantinya bisa dijadikan *datum judgement* terhadap OK atau tidaknya hasil *bending* terhadap benda kerja, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Sampling data endurance trial*

	x 0.1 mm									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	540	562	536	537	542	536	536	534	535	537
2	534	535	539	539	538	545	544	543	552	554
3	541	544	528	537	528	537	534	532	545	542
4	541	537	537	545	546	545	541	543	540	542
5	537	552	542	537	543	541	542	536	543	537
6	554	538	537	540	531	534	543	547	549	541
7	540	531	540	551	537	545	539	545	537	527
8	541	537	539	541	547	537	536	537	535	536
9	534	538	536	536	545	538	536	532	539	535
10	527	544	529	537	534	543	536	541	534	534

a) Menghitung Nilai *Range*

$$\begin{aligned} \text{Range (R)} &= \text{Nilai maksimum} - \text{Nilai minimum} \\ &= 562 - 527 \\ &= 35 \end{aligned}$$

b) Menentukan Jumlah Kelas

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kelas (k)} &= \sqrt{k} \\ &= \sqrt{100} = 10 \end{aligned}$$

c) Menghitung Interval atau Panjang Kelas

$$\begin{aligned} \text{Interval (h)} &= \frac{R \text{ (Range)}}{k \text{ (Jumlah Kelas)}} \\ &= \frac{35}{10} \\ &= 3.5 \text{ (Dibulatkan menjadi 4.0)} \end{aligned}$$

d) Menentukan Nilai Batas Kelas Atas dan Batas Kelas Bawah

$$\begin{aligned} \text{Batas kelas bawah} &= \text{Nilai minimum} - \frac{\text{Ketelitian alat ukur}}{2} \\ &= 527 - \frac{3}{2} \\ &= 525.5 \\ \text{Batas kelas atas} &= \text{Batas kelas bawah} + \text{Interval (h)} \\ &= 525.5 + 4.0 \\ &= 529.5 \end{aligned}$$

Untuk kelas kedua sampai yang terakhir, nilai batas kelas bawah dan batas kelas atas sama dengan nilai batas kelas bawah dan batas kelas atas nilai sebelumnya ditambahkan dengan interval kelas.

e) Tabel Distribusi Frekwensi

Berdasarkan dari perumusan yang sebelumnya sudah kita dapatkan maka dapat dituangkan dalam bentuk table distribusi frekwensi sebagai berikut.

No. Lot	Batas Kelas	Nilai Tengah	f	μ	$\mu \cdot f$	$\mu^2 \cdot f$
1	525.5 - 529.5	527.5	5	-2	-10	20
2	529.5 - 533.5	531.5	4	-1	-4	4
3	533.5 - 537.5	535.5	37	0	0	0
4	537.5 - 541.5	539.5	23	1	23	23
5	541.5 - 545.5	543.5	21	2	42	84
6	545.5 - 549.5	547.5	4	3	12	36
7	549.5 - 553.5	551.5	3	4	12	48
8	553.5 - 557.5	555.5	2	5	10	50
9	557.5 - 561.5	559.5	0	6	0	0
10	561.5 - 565.5	563.5	1	7	7	49
	Total		100		92	314

Tabel 4.2. Distribusi frekwensi *sampling data*

f). Menentukan Nilai Rata-Rata

Untuk mengetahui bagaimana kondisi rata-rata unit yang diproduksi berdasarkan alat ukur ini adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata (} \bar{X} \text{)} &= 535.5 + h \left(\frac{\sum \mu f}{n} \right) \\ &= 535.5 + 4.0 \left(\frac{92}{100} \right) \\ &= 539.18 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari data tersebut didapatkan bahwa rata-rata kondisi benda kerja hasil produksi didapatkan bahwa rata-rata data berdasarkan sensor ukur yang sudah dibuat adalah sebesar 539.18 mm. Berdasarkan pembahasan sebelumnya bahwa terdapat perbedaan antara benda kerja ok dan tidak ok sebesar 20 x 0.1 mm.

Maka untuk menentukan nilai minimum dari benda kerja sebagai *trigger error* mesin adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Nilai minimum} &= \\ &= (\text{Nilai rata - rata}) - (\text{diff. benda kerja}) \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai terendah yang akan di-*judgement* tidak ok oleh sensor ini adalah :

$$\begin{aligned} \text{Nilai minimum} &= 539.18 - 20 \\ &= 519.2 \\ &= (\text{dibulatkan menjadi } 520.0) \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan kalkulasi yang diperoleh, sensor ini akan bekerja untuk memerintahkan proses bending ulang jika nilai dari benda kerja tersebut adalah kurang dari 520.0 x 0.1 mm. Dengan dijadikannya nilai tersebut sebagai *trigger* untuk melakukan proses *re-bending*, maka tidak akan adalagi masalah *linestop* di proses robot *frame assy* yang disebabkan oleh faktor kekurangan bending.

Daily Management Control

Melakukan pengontrolan terhadap kualitas benda kerja akan berjalan baik dengan semakin banyaknya besaran ataupun nilai yang dapat kita buat. Semakin banyaknya nilai maka semakin banyak yang dapat dikontrol. Penerapan *statistical process control* dapat diterapkan untuk mengendalikan banyaknya nilai yang dimiliki.

Dalam alat yang dibuat kali ini seluruh data akan disimpan dalam sebuah file, dimana di setiap unit yang melalui proses ini akan terukur dan datanya tersimpan dalam *memory recording*. Dan data ini akan terkonversi dalam *graphic tendency* yang dapat dilihat dari *display* yang ada. Seperti yang terlihat dalam gambar

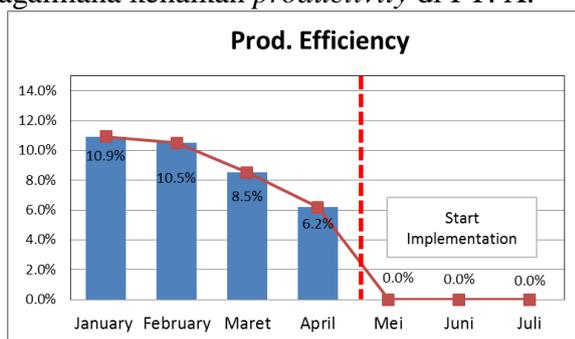
4.9 bahwa graphic tendency dapat terlihat dari display tersebut.



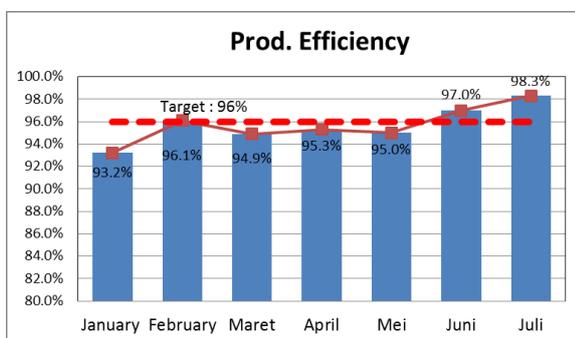
Gambar 4.9 Display graphic tendency output bending process

Komparasi Hasil Improvement

Berdasarkan data *efficiency productivity* yang diperoleh sejak dimulainya implementasi *improvement* ini, terlihat bahwa *efficiency productivity* ini mengalami kenaikan rata-rata sebesar 0.5%. Seperti terlihat pada gambar 4.9, bagaimana kenaikan *productivity* di PT. X.



Gambar 4.10 Tendency masalah setelah implementasi



Gambar 4.11 Data efisiensi produksi setelah implemetasi *improvement*

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka kesimpulan yang didapatkan adalah bahwa:

1. Bahwa dengan ditambahkannya alat pendeteksi deformasi hasil bending proses di PT. X, maka masalah *clamp* yang tidak sempurna pada proses rearc 1 dapat tertanggulangi.
2. Dengan mengkorelasikan kondisi sebelum dan sesudah *improvement* ini diimplementasikan, terlihat bahwa masalah yang diakibatkan dari bending proses dapat meningkatkan *efficiency productivity* sebesar 0.5%.
3. Bahwa melalui hasil perhitungan yang didapatkan, kegagalan bending yang terjadi adalah rata-rata sebesar 1.7 mm dari besarnya regangan yang dialami oleh benda kerja pada kondisi normal.
4. Nilai deformasi bending yang terjadi pada benda kerja pada kondisi *pressure* senilai 165 kN adalah senilai 1.7 mm, dan dengan ditambahkannya program *rebending* maka hal ini dapat mengatasi kondisi gagal bending yang terjadi benda kerja jika *pressure* bending mesin tidak tercapai dimana nilai deformasinya akan *equivalen* terhadap *pressure* normalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwasilah, Chaedar. 2008. *Pokoknya Kualitatif*. Jakarta: Pustaka Jaya
- Anoraga, Panji. 2009. *Manajemen Bisnis*. Jakarta: Rhineka Cipta
- Arikunto, Suharsini. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Yogyakarta: Rhineka Cipta.
- Abahe. Quality Management Systems. 01 Desember 2007, 10.55 (Dikutip 25 Maret 2016). Tersedia dari : <http://www.abahe.co.uk/business-administration/Quality-Management-Systems/>
- Businessballs. Quality Management System. 12 April 2000, 10.31 (Dikutip 25 Maret 2016). Tersedia dari: http://www.businessballs.com/dtiresources/quality_management_system/
- Danang Junaedi. Proposal Tugas Akhir. 28 Desembaer 2009, 11.24 (Dikutip 17 April 2016). Tersedia dari:

KESIMPULAN

<http://danangjunaedi.files.wordpress.com/2009/10/format-proposal-tugas-akhir.pdf>

Isao Kato dan Art Smalley (2014). Toyota Kaizen Methods 6 Langkah Perbaikan. Gradien Mediatama. Yogyakarta.

Montgomery, Douglas C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*. United States: John Wiley & Sons.

Yoriwe, Taufik. Teknik Mesin : Sifat Mekanik Bahan. February 2013, 09.51 (Dikutip 4 Maret 2017). Tersedia dari:

<http://taufik-yoriwe.blogspot.com/2013/02/sifat-mekanik-bahan.html>