

## PENERAPAN METODE *SIX SIGMA* DENGAN PENDEKATAN DMAIC PADA PROSES *TABBING* UNTUK MENGURANGI CACAT *CRACK (MICRO CRACK)* PADA PRODUK MODUL SURYA 260Wp DI PT XYZ

### APPLICATION OF SIX SIGMA METHOD BY USING DMAIC APPROACH ON *TABBING* PROCESS TO MINIMIZE *CRACK (MICRO CRACK)* DEFECT IN SOLAR MODULE 260Wp PRODUCT AT PT XYZ

Rizka Malia Khulda<sup>1</sup>, Agus Alex Yanuar, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Ir. Marina Yustiana Lubis, M.Si.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Teknik, Telkom University

<sup>1</sup>[rizkank@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:rizkank@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[axytifri@telkomuniversity.ac.id](mailto:axytifri@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[marinayustianalubis@telkomuniversity.ac.id](mailto:marinayustianalubis@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang mengembangkan bisnis dan produk dalam bidang elektronika. Salah satu proyek yang dijalankan pada tahun 2017 adalah Modul Surya 260Wp dengan jumlah pesanan sebanyak 3500 unit. Berdasarkan data perusahaan pada periode Oktober hingga Desember 2017 mengalami ketidaktercapaian produksi dengan nilai rata-rata ketidaktercapaiannya mencapai 1,45% yang disebabkan karena adanya produk cacat yang dihasilkan pada proses *tabbing*, *matrixing*, *terminating*, *lay up*, dan *laminating* dengan jenis cacat berupa cacat dari pabrik, *crack (micro crack)*, sel pecah, dan pecah karena mesin. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *six sigma* melalui pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Tahap *define* untuk mengidentifikasi CTQ (*Critical to Quality*) dengan jumlah CTQ yang diperoleh sebanyak empat dan mengetahui alur proses produksi menggunakan diagram SIPOC, tahap *measure* untuk menghitung stabilitas proses (peta kendali-p) dan mengukur kapabilitas proses (DPMO dan *level sigma*) sehingga diperoleh nilai *level sigma* sebesar 4,2571, tahap *analyze* untuk menganalisis akar penyebab permasalahan menggunakan *tools* diagram *fishbone* dan *5 why's* dengan penyebab cacat yang terjadi adalah besar suhu solder yang digunakan tidak sesuai, operator tidak dapat memenuhi target di setiap sesinya, dan area penyimpanan untuk *material string ribbon* berada di ruang terbuka sehingga menimbulkan korosi pada *string ribbon*, serta menentukan prioritas perbaikan menggunakan *tools* FMEA, tahap *improve* yaitu memberikan rancangan usulan untuk meminimasi produk cacat, dan tahap *control* untuk mengimplementasikan hasil perubahan yang telah dibuat pada tahap *improve*. Usulan perbaikan yang diberikan berupa pengoptimuman besar suhu pada solder, pembuatan *check sheet* sebagai pengontrol operator agar dapat menghasilkan jumlah produk sesuai target, dan memberikan karakteristik untuk menyimpan *material string ribbon* agar tidak mengalami korosi.

Kata Kunci: CTQ, DMAIC, Modul Surya 260Wp, *Six Sigma*, *Tabbing*

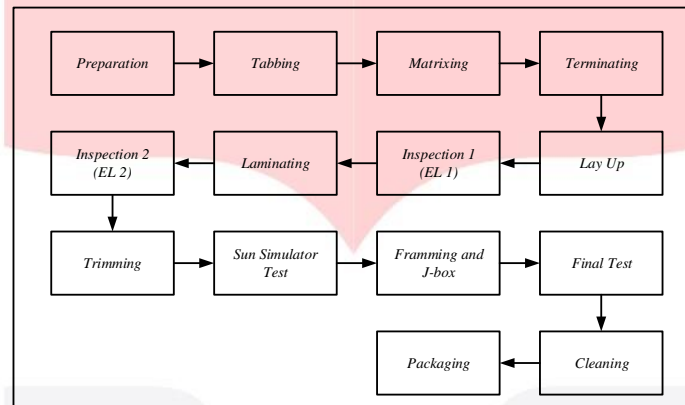
#### Abstract

PT XYZ is one of the State-Owned Enterprises (BUMN) companies that develops its business and products of electronics. One of projects in 2017 is Solar Module 260Wp with total order 3500 units. Based on the company data in the period up from October to December 2017, it experiences the failure of product achievement with average value of failure is 1,45% it is caused by the defect product produced on *tabbing*, *matrixing*, *terminating*, *lay up*, and *laminating* process. The types of defect that happens are defect from supplier, *crack (micro crack)* broken cell, and broken because of the machine. This research is done by using *Six Sigma* method through DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) approach. *Define* step to identify CTQ (*Critical to Quality*) with the total CTQ obtained is 4 and to know the flow of product process using SIPOC Diagram, *measure* step to calculate process of stability (*Control Chart p*) and measuring of process capability (DPMO and *Level Sigma*) and the value of sigma level is 4,2571, *analyze* step to analyze root cause of the problems by using the *Fishbone Diagram* and *5 Why's* tools with the cause of defect happened are the value of temperature solder used improperly, operator can't fulfill the target at every session, and the storage for *string ribbon* material is open air so that causing corrosion on *string ribbon*, also to determine priority of improvement by using FMEA tools, *improve* step to give proposal to minimize the defect, and the control step to implement the result of change made on the improve step. Proposal of improvement which is given in the form of optimalization of temperature on solder, making a *check sheet* as operator controller in order to be able to produce the total product agree with the target, and gives characteristics to store *string ribbon* material in order not to experience with corrosion.

Keyword: CTQ, DMAIC, Solar Module 260Wp, *Six Sigma*, *Tabbing*

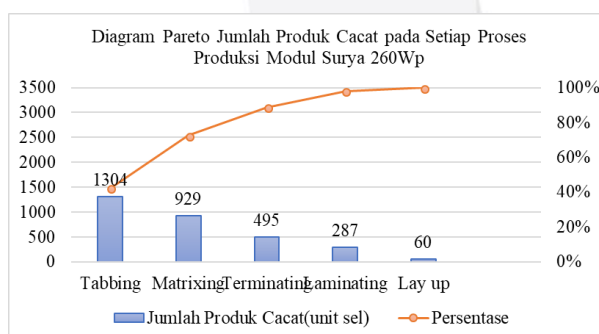
## 1. Pendahuluan

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang mengembangkan bisnis dan produk dalam bidang elektronika untuk industri dan prasarana. Strategi bisnis yang diterapkan PT XYZ untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dalam proses produksi adalah strategi *make to order*, yang mana PT XYZ akan memproduksi produk jika terdapat pesanan atau proyek dari pihak pemesan (*customer*), namun meskipun sesuai dengan pesanan *customer*, PT XYZ memiliki batasan untuk memproduksi Modul Surya yaitu terdapat besar daya listrik tertentu yang dapat dipesan oleh *customer* yaitu 20Wp (*Watt peak*), 50Wp, 100 Wp, 200Wp, 245Wp, 260Wp, 275Wp, dan 320Wp. Salah satu proyek yang sedang berlangsung pada tahun 2017 ini adalah Modul Surya tipe 260Wp. Modul surya merupakan sejumlah sel surya yang disusun secara seri, dimana sel surya atau solar sel adalah suatu elemen aktif yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik dengan prinsip yang disebut efek *photovoltaic*. PT XYZ memproduksi modul surya dengan jumlah produksi mencapai 100 unit modul surya setiap harinya (1 unit modul surya = 60 unit sel surya). Berikut merupakan alur proses produksi Modul Surya 260Wp yang terjadi di PT XYZ.

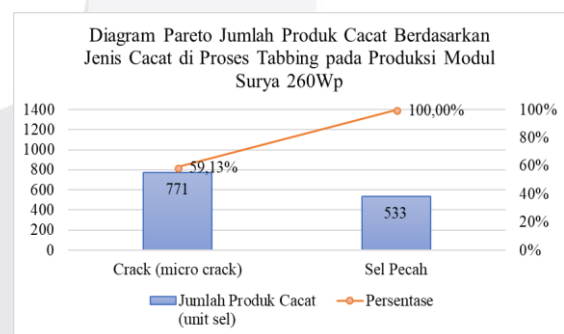


Gambar 1 Alur Proses Produksi Modul Surya 260Wp

Gambar 1 menjelaskan alur proses produksi Modul Surya 260Wp yang memiliki 14 proses dimulai dari proses *preparation* dan berakhir pada proses *packaging*. Selama tahun 2017, PT XYZ telah menerima permintaan produk Modul Surya 260Wp sebanyak 3500 unit dari berbagai *customer* yang proses produksinya berlangsung dari bulan Oktober 2017 hingga Desember 2017. Saat proses produksi berlangsung, terdapat empat jenis cacat yang terjadi, yaitu cacat dari pabrik, pecah, *crack (micro crack)*, dan pecah karena mesin. Dari 14 proses tersebut terdapat 5 proses yang menyebabkan terjadinya cacat pada produk yang diproduksi yaitu pada proses *tabbing*, *matrixing*, *terminating*, *laminating*, dan *lay up*. Dari setiap proses tersebut menghasilkan jumlah produk cacat yang berbeda-beda dan berikut ini merupakan grafik yang menampilkan informasi jumlah produk cacat yang dihasilkan pada setiap proses.



Gambar 2 Diagram Pareto Jumlah Produk Cacat pada Setiap Proses saat Memproduksi Modul Surya 260Wp



Gambar 3 Diagram Pareto Jumlah Produk Cacat Berdasarkan Jenis Cacat di Proses Tabbing pada Produksi Modul Surya 260Wp

Berdasarkan Gambar 2 diperoleh bahwa pada proses *tabbing* menghasilkan jumlah produk cacat terbanyak sehingga diperlukan adanya perbaikan. Produk cacat yang terjadi pada proses *tabbing* dikelompokkan menjadi dua kategori jenis cacat yang mana pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa jenis cacat yang terjadi di proses *tabbing* adalah *crack (micro crack)* dan sel pecah. Dari kedua jenis cacat tersebut, jenis cacat *crack (micro crack)* merupakan jenis cacat yang paling sering terjadi saat proses *tabbing* berlangsung dengan jumlah produk cacat yang dihasilkan sebanyak 771 unit sel dan diikuti oleh jenis cacat sel pecah sebanyak 533 unit sel. Cacat yang dihasilkan produk Modul Surya 260Wp terjadi karena adanya ketidaksesuaian hasil produksi Modul Surya 260Wp

dengan CTQ (*Critical to Quality*). Berikut merupakan Tabel 1 yang menginformasikan CTQ untuk produk Modul Surya 260Wp.

Tabel 1 CTQ Modul Surya 260Wp Produksi PT XYZ

CTQ Kunci	CTQ Potensial	Deskripsi	Cara Pengujian	Tindakan
Kesesuaian Visual Produk	Dimensi Sel Surya Sempurna	Tidak terdapat lubang pada sel	Dengan melihat produk secara <i>visual</i> atau menggunakan sel <i>tester</i>	<i>Scrap</i>
	Ketahanan Sel Surya Baik	Sel surya tidak mudah terbelah	Dengan melihat produk secara <i>visual</i>	<i>Scrap</i>
	Permukaan Sel Surya Tidak Retak	Tidak terdapat retakan pada sel, yang dapat dilihat hanya menggunakan mesin <i>electro luminance</i>	Melalui mesin <i>electro luminance</i>	<i>Rework</i>
	Ketahanan Modul Surya Baik	Modul Surya dalam kondisi utuh (tidak pecah)	Dengan melihat produk secara <i>visual</i>	<i>Scrap</i>

Dengan demikian, setelah mengetahui jumlah produk cacat berdasarkan jenis cacat yang terjadi pada proses *tabbing* maka dalam penelitian ini penulis akan berfokus mengenai usulan perbaikan pada proses *tabbing* dengan jenis cacat *crack (micro crack)* karena pada proses dan jenis cacat tersebut menghasilkan jumlah produk cacat paling banyak dan perlu tindakan perbaikan segera. Usulan perbaikan ini bertujuan untuk menghilangkan atau meminimasi terjadinya cacat dengan menggunakan pendekatan *six sigma* melalui metode DMAIC.

## 2. Dasar Teori dan Metodologi

### 2.1 Kualitas

Kualitas sebagai suatu kesesuaian dengan persyaratan atau spesifikasi atau '*Conformance to Requirements*', konsep ini menjelaskan seperangkat persyaratan (*requirements*) yang harus dipenuhi sesuai dengan spesifikasi atau standar. Umumnya, jika spesifikasi ini tidak terpenuhi, maka produk dianggap tidak sesuai dan rusak. Setiap produk yang tidak sesuai dapat dianggap sebagai cacat [7].

### 2.2 Six Sigma

*Six Sigma* merupakan suatu metodologi pemecahan masalah yang berusaha menemukan dan menghilangkan penyebab cacat atau kesalahan dalam proses bisnis dengan memusatkan perhatian pada keluaran proses yang sangat penting di mata pelanggan [1].

### 2.3 DMAIC

DMAIC merupakan pendekatan yang digunakan oleh *six sigma* berupa lima tahap pemecahan masalah yaitu *define, measure, analyze, improve, dan control*. Pendekatan DMAIC menggunakan kerangka kerja seperti *control charts, designed experiments, analisis kemampuan proses, studi kemampuan sistem pengukuran, dan lain-lain*. Pendekatan DMAIC merupakan kerangka kerja yang sangat efektif untuk memperbaiki proses [5].

### 2.4 SIPOC

SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs, and Customer*) merupakan *tools* perbaikan proses yang memberikan ringkasan utama dari *input* dan *output* dari satu atau lebih proses dalam bentuk tabel [1].

### 2.5 CTQ (Critical to Quality)

CTQ adalah karakteristik kualitas produk atau layanan yang harus ditingkatkan dari sudut pandang pelanggan. CTQ merupakan indikator utama yang terukur dari suatu produk atau proses yang standar kinerja atau batasan spesifikasi harus dipenuhi untuk memuaskan pelanggan [8].

### 2.6 SPC (Statistical Process Control)

SPC (*Statistical Process Control*) adalah kumpulan *tools* pemecahan masalah yang sangat berguna dalam mencapai stabilitas proses dan meningkatkan kemampuan melalui pengurangan variabilitas [3].

### 2.7 Peta Kendali-p

Peta kendali diperkenalkan oleh Walter A. Shewhart pada tahun 1920an. Peta kendali merupakan grafik garis yang digunakan untuk menilai kestabilan suatu proses dan hal ini didasarkan pada prinsip distribusi normal [1].

### 2.8 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses mengukur tingkat ketidaksesuaian suatu proses dengan mengekspresikan kinerja dalam bentuk suatu nilai dan melibatkan perhitungan rasio batas spesifikasi (*customer requirements*) terhadap proses penyebaran (variasi dalam proses) [4].

### 2.9 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah diagram batang yang membantu untuk memprioritaskan tindakan yang berhubungan dengan cacat, kegagalan, perbaikan, keluhan konsumen, dan sebagainya. Konsep ini diperkenalkan oleh Wilfred Pareto. Prinsip dasar pareto adalah 80% masalah secara keseluruhan disebabkan oleh 20% penyebab [1].

### 2.10 Fishbone

*Fishbone* atau diagram sebab akibat merupakan sebuah penggambaran visual atas kemungkinan penyebab suatu permasalahan. Dampak dari permasalahan digambarkan pada sisi kanan dan penyebab dari permasalahan digambarkan dengan bentuk tulang ikan [4].

### 2.11 5 Why's

Analisis akar penyebab masalah atau analisis 5 *Why's* adalah *tools* sederhana untuk menemukan akar masalah secara cepat [1].

### 2.12 FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)

FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) merupakan pendekatan langkah demi langkah untuk mengidentifikasi semua kemungkinan kegagalan dalam suatu rancangan, proses pembuatan atau perakitan, atau sebuah produk atau layanan [4].

### 2.13 Analisis Regresi

Teknik analisis regresi membantu dalam memperkirakan hubungan dalam bentuk matematika dan mengukur kekuatan dari hubungan tersebut. Dalam analisis regresi, bentuk persamaan dari hubungan fungsional ini adalah  $y = f(x)$  dengan dua variabel yang akan diidentifikasi. Bentuk paling sederhana dari analisis regresi adalah studi tentang hubungan linier antara  $x$  dan  $y$  dengan bentuk persamaan  $y = a + bx$ , di mana  $a$  dan  $b$  adalah konstanta yang harus dihitung berdasarkan data yang telah diperoleh [1].

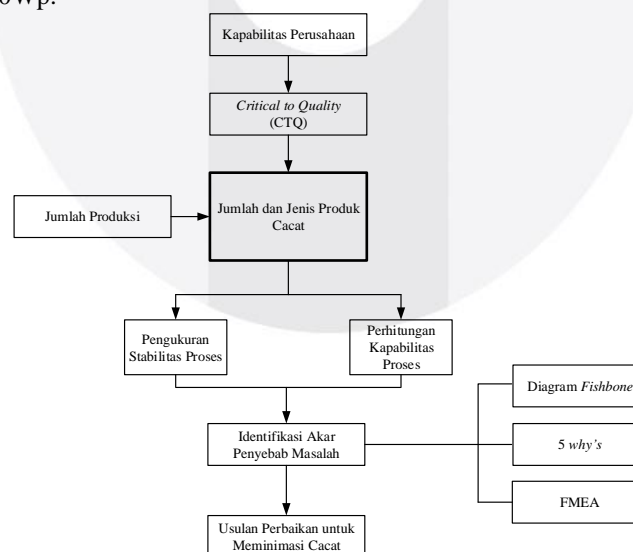
### 2.14 Estimasi Parameter

Jika  $\bar{x}$  rata-rata sampel acak berukuran  $n$  dari suatu populasi berdistribusi normal dengan variasi  $\sigma^2$  yang diketahui, maka untuk  $\alpha$  yang spesifik rumus untuk taksiran interval kepercayaan sebesar  $(1-\alpha)100\%$  untuk  $\mu$  (*confidence interval of the mean*) adalah [2]:

$$\bar{x} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

### 2.15 Model Konseptual

Model konseptual merupakan model yang membantu dalam menjelaskan penelitian yang akan dilakukan. Bentuk model konseptual berupa kerangka berpikir yang menggambarkan keterkaitan antar variabel, sehingga dapat membantu merumuskan usulan atau rancangan yang diberikan dari permasalahan pada penelitian ini. Berikut merupakan model konseptual pada penelitian yang akan dilakukan di PT XYZ dengan objek kajian berupa proses produksi Modul Surya 260Wp.



Gambar 4 Model Konseptual

## 2.16 Sistematika Pemecahan Masalah

### 1. Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan merupakan tahapan yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi terkait penelitian yang dilakukan. Pengumpulan informasi dapat berupa studi literatur dan studi lapangan.

### 2. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap kedua setelah mengidentifikasi permasalahan yang terjadi. Pada tahap ini, langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi kebutuhan data yang terbagi menjadi dua kategori yaitu data primer dan data sekunder.

### 3. Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan tahapan dilakukannya perhitungan menggunakan pendekatan *six sigma* melalui metode DMAIC. Pada tahap ini dilakukan tahap *define* untuk mengidentifikasi CTQ dan melakukan pengamatan untuk pembuatan diagram SIPOC dan tahap *measure* untuk melakukan perhitungan stabilitas dan kapabilitas proses.

### 4. Tahap Analisis dan Usulan

Tahap hasil dan usulan merupakan tahap untuk melakukan tahap *analyze*, *improve*, dan *control* pada metode DMAIC. Tahap *analyze* untuk menganalisis perhitungan stabilitas dan kapabilitas proses, menganalisis akar penyebab permasalahan menggunakan *tools* diagram *fishbone* dan *5 why's*, serta menganalisis prioritas perbaikan menggunakan *tools* FMEA, tahap *improve* memberikan usulan berupa perbaikan mengenai permasalahan yang terjadi dengan menggunakan pendekatan *six sigma*, dan tahap *control* untuk mengimplementasikan usulan yang diberikan untuk meminimasi permasalahan yang terjadi

### 5. Tahap Hasil

Pada tahap ini memberikan kesimpulan setelah dilakukan penelitian untuk mengurangi jenis cacat *crack* (*micro crack*) pada proses *tabbing* saat memproduksi Modul Surya 260 Wp di PT XYZ serta saran untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya.

## 3. Pembahasan

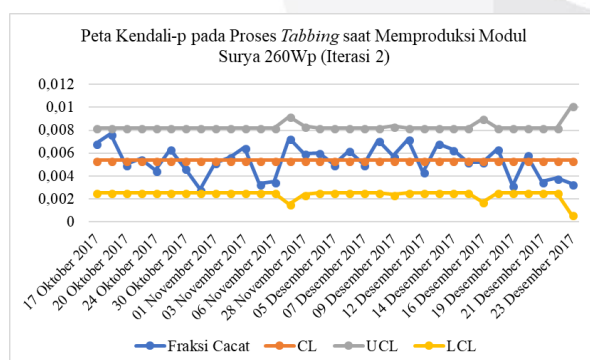
### 3.1 Tahap Define

Tahap *define* dilakukan dengan menentukan proses dan jenis cacat yang sering terjadi saat proses produksi Modul Surya 260Wp berlangsung, dengan hasil yang diperoleh adalah bahwa pada proses *tabbing* menghasilkan produk cacat dengan jumlah yang besar dan memiliki fokus pada jenis cacat *crack* (*micro crack*), mengidentifikasi CTQ, serta menggambarkan aliran proses bisnis menggunakan diagram SIPOC.

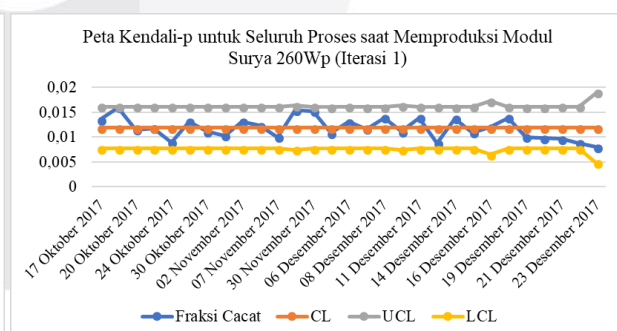
### 3.2 Tahap Measure

#### 3.2.1 Pengukuran Stabilitas Proses

Stabilitas proses merupakan hal yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang stabil dari peta kontrol sebelum memperhitungkan kapabilitas proses [5]. Pada pengukuran stabilitas proses, data yang digunakan adalah jumlah target produksi dan jumlah produk cacat yang dihasilkan pada proses *tabbing* saat memproduksi Modul Surya 260 Wp pada periode Oktober 2017 hingga Desember 2017. Saat proses pengukuran stabilitas proses berlangsung, diperlukan dua kali iterasi untuk menghasilkan proses yang stabil karena terdapat beberapa data yang berada diluar batas kontrol atas maupun bawah dan Gambar 5 merupakan grafik peta kendali-p dengan kondisi stabil (hasil iterasi 2):



Gambar 6 Peta Kendali-p Proses *Tabbing* saat Memproduksi Modul Surya 260Wp (Iterasi 2)



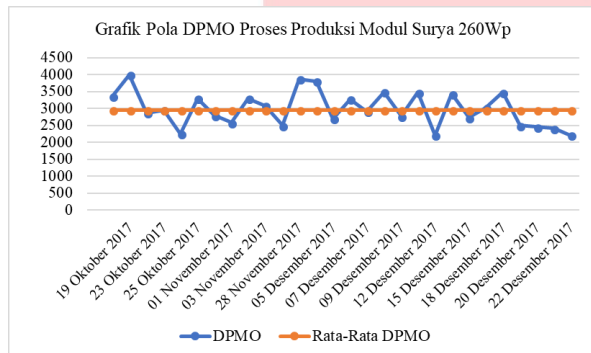
Gambar 5 Peta Kendali p Seluruh Proses saat Memproduksi Modul Surya 260 Wp (Iterasi 1)

Setelah menghitung pengukuran stabilitas proses pada proses *tabbing*, selanjutnya dilakukan pula pengukuran stabilitas proses pada seluruh proses saat memproduksi Modul Surya 260Wp yang hanya melakukan satu kali iterasi untuk menghasilkan proses yang stabil dan Gambar 6 merupakan grafik peta kendali-p untuk seluruh proses dengan kondisi stabil.

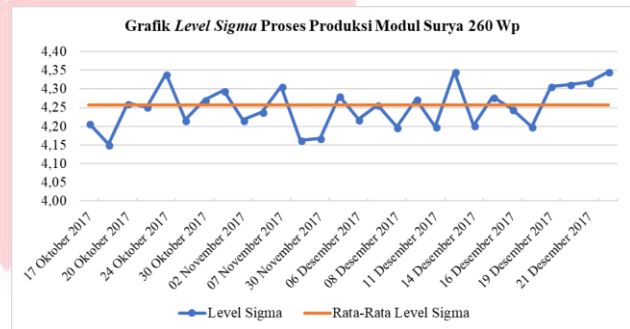
### 3.2.2 Perhitungan Kapabilitas Proses

Setelah melakukan pengukuran stabilitas proses dan memperoleh hasil bahwa terdapat beberapa data berada diluar batas kontrol, baik batas kontrol atas maupun batas kontrol bawah, langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah melakukan perhitungan kapabilitas proses yang bertujuan untuk mengetahui apakah kinerja suatu proses dalam suatu perusahaan dapat memenuhi spesifikasi pelanggan atau tidak. Perhitungan kapabilitas proses akan menghasilkan nilai DPMO dan *Level Sigma* dalam setiap periodenya.

Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan diperoleh bahwa nilai rata-rata DPMO yang dihasilkan sebesar 2957,31, dengan nilai DPMO terbesar terjadi pada periode 19 Oktober 2017 dengan nilai sebesar 4000 dan nilai DPMO terkecil terjadi pada periode 23 Desember 2017 dengan nilai sebesar 2006,6. Selain itu diperoleh pula nilai rata-rata *level sigma* yang dihasilkan adalah sebesar 4,2571, dengan nilai *level sigma* terbesar terjadi pada periode 23 Desember 2017 dengan nilai sebesar 4,3771 dan nilai *level sigma* terkecil terjadi pada periode 19 Oktober 2017 dengan nilai sebesar 4,2089.



Gambar 8 Grafik Pola DPMO Seluruh Proses saat Memproduksi Modul Surya 260Wp

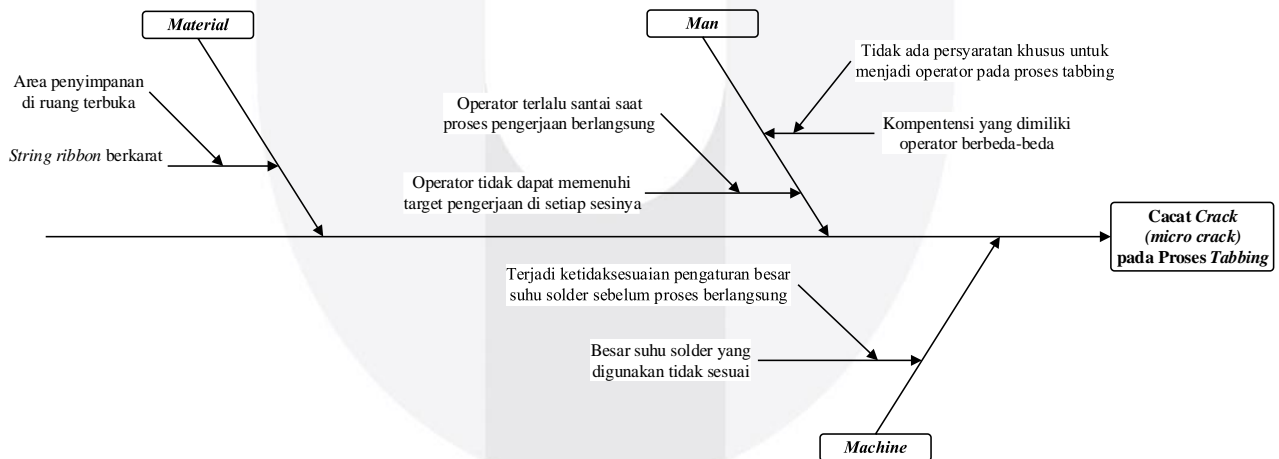


Gambar 7 Grafik Level Sigma Seluruh Proses saat Memproduksi Modul Surya 260Wp

### 3.3 Tahap Analyze

#### 3.3.1 Analisis Penyebab Permasalahan dengan Fishbone

Langkah awal yang dilakukan pada tahap *analyze* adalah menganalisis penyebab permasalahan dengan menggunakan *tools fishbone*. Jenis cacat yang sering terjadi saat memproduksi produk Modul Surya 260Wp adalah *crack (micro crack)*. Terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya cacat *crack (micro crack)* pada produk Modul Surya 260 Wp yang digambarkan pada produk Modul Surya 260 Wp yang digambarkan pada diagram *fishbone* berikut ini:



Gambar 9 Diagram Fishbone Penyebab Defect Crack (Micro Crack)

#### 3.3.2 Analisis Penyebab Permasalahan dengan 5 Why's

Analisis 5 *Why's* dilakukan dengan cara mengamati proses *tabbing* saat proses produksi Modul Surya 260Wp secara langsung. Berikut ini merupakan hasil analisis penyebab permasalahan *defect crack (micro crack)* pada proses *tabbing* saat memproduksi Modul Surya 260Wp menggunakan metode 5 *Why's* yang disajikan ke dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Analisis Penyebab *Defect Crack (Micro Crack)* Menggunakan Metode 5 Why's

Cause (Factor)	Subcause	Why 1	Why 2
Material	String ribbon berkarat	Area penyimpanan berada di ruang terbuka	Tidak ada spesifikasi khusus untuk menyimpan material string ribbon
Man 1	Kompetensi yang dimiliki setiap operator berbeda-beda	Tidak ada persyaratan khusus untuk menjadi operator <i>tabbing</i>	
Man 2	Operator tidak dapat memenuhi target pengerjaan di setiap sesinya	Operator terlalu santai saat proses pengerjaan berlangsung	Tidak adanya kegiatan pengontrolan pada operator di setiap sesinya agar dapat menghasilkan jumlah produk yang sesuai dengan target
Machine	Suhu solder tidak sesuai	Terjadi perubahan suhu solder secara random oleh operator setiap kali proses akan berlangsung	Tidak ada standar penyetingan besar suhu pada solder

### 3.3.3 Analisis Penentuan Prioritas Perbaikan Cacat dengan FMEA

Setelah melakukan analisis terhadap penyebab permasalahan berupa cacat *crack (micro crack)* menggunakan metode 5 why's, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis penentuan prioritas perbaikan cacat menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Perhitungan FMEA bertujuan untuk menghilangkan atau mengurangi kegagalan yang dimulai dengan prioritas tertinggi setelah memperoleh nilai RPN (*Risk Priority Number*). Berikut ini merupakan tabel hasil penentuan prioritas perbaikan cacat menggunakan FMEA.

Tabel 3 Hasil Penentuan Prioritas Perbaikan Cacat Menggunakan FMEA

Faktor	Mode/Penyebab Kegagalan	Akibat Kegagalan	S (1)	Penyebab Kegagalan Potensial	O (2)	Metode Deteksi	D (3)	RPN (1*2*3)
Material	String ribbon berkarat	Menyebabkan tidak menempelnya string ribbon pada sel surya.	3	Tidak adanya tempat penyimpanan untuk material string ribbon.	3	Visual	9	81
Man	Pengerjaan tergesa-gesa	Menghasilkan lebih banyak sel surya yang mengalami <i>crack</i> .	4	Operator tidak memiliki target penyelesaian pada <i>output</i> yang akan dihasilkan dari proses <i>tabbing</i> .	4	Visual	8	128
Machine	Suhu solder tidak sesuai	Suhu terlalu tinggi menyebabkan lapisan string ribbon yang telah merekat pada sel surya dapat terbuka kembali dan suhu terlalu rendah menyebabkan pengerjaan peleburan string ribbon harus dilakukan berulang-ulang.	5	Tidak adanya ketetapan besar suhu solder yang digunakan untuk proses <i>tabbing</i> .	6	Visual	6	180

### 3.4 Tahap Improve

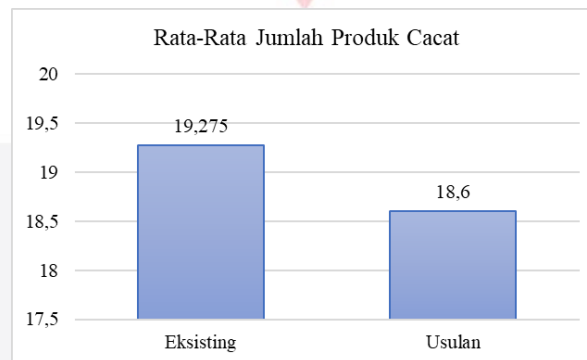
Berikut ini merupakan rancangan usulan perbaikan untuk meminimasi cacat yang terjadi pada proses *tabbing* saat memproduksi Modul Surya 260Wp dengan jenis cacat *crack (micro crack)*.

Tabel 4 Rancangan Usulan Perbaikan

Permasalahan	Akar Penyebab	Usulan Perbaikan
<i>String ribbon</i> berkarat	Tidak ada tempat penyimpanan material yang baik	Pemberian karakteristik khusus untuk menyimpan material <i>string ribbon</i> agar tidak mudah berkarat.
Operator tidak dapat memenuhi target di setiap sesinya	Operator terlalu santai saat proses pengerjaan berlangsung	Pembuatan <i>check sheet</i> untuk mengontrol operator agar menghasilkan jumlah produk sesuai dengan target.
Suhu solder yang digunakan tidak sesuai	Ketidaksesuaian pengaturan besar suhu sebelum proses berlangsung	Penentuan suhu optimum untuk proses <i>tabbing</i> .

### 3.5 Tahap Control

Tahap *control* dilakukan pada proses *tabbing* dengan mengimplementasikan usulan terhadap faktor *machine* berupa pengoptimuman besar suhu solder yang akan digunakan. Setelah melakukan perhitungan menggunakan analisis regresi dan estimasi parameter diperoleh bahwa besar suhu optimum yang sebaiknya digunakan adalah 360°C sehingga melalui usulan ini dapat menentukan apakah cacat *crack (micro crack)* yang dihasilkan pada proses *tabbing* saat memproduksi Modul Surya dapat berkurang atau tidak. Tahap *control* dilakukan selama tiga minggu dimulai dari tanggal 2 April 2018 hingga 20 April 2018. Berikut ini merupakan grafik rata-rata jumlah produk cacat pada proses eksisting dan proses usulan.



Gambar 10 Grafik Jumlah Produk Cacat yang dihasilkan pada Proses Eksisting dan Proses Usulan

## 4. Kesimpulan

Penyebab terjadinya cacat *crack (micro crack)* pada proses *tabbing* disebabkan oleh tiga faktor, diantaranya:

- Faktor *Material*  
Permasalahan yang disebabkan karena faktor *material* adalah terdapat korosi (karat) pada *string ribbon*.
- Faktor *Man*  
Permasalahan yang disebabkan karena faktor *man* adalah kompetensi yang dimiliki operator berbeda-beda dan operator tidak dapat memenuhi target yang diberikan pada setiap sesinya.
- Faktor *Machine*  
Permasalahan yang disebabkan karena faktor *machine* adalah ketidaksesuaian besar suhu solder yang digunakan saat proses *tabbing* berlangsung.

Berdasarkan ketiga faktor penyebab cacat *crack (micro crack)* pada proses *tabbing*, usulan perbaikan yang diberikan untuk meminimumkan faktor penyebab terjadinya cacat tersebut adalah dengan:

- Memberikan karakteristik khusus untuk menyimpan material *string ribbon* agar tidak mudah berkarat. Usulan tersebut digunakan untuk mengurangi permasalahan yang disebabkan karena faktor *material*.
- Membuat lembar *check sheet* yang digunakan untuk mengontrol jumlah produk jadi dan produk cacat yang dihasilkan selama proses *tabbing* berlangsung. Usulan tersebut digunakan untuk mengurangi permasalahan yang disebabkan karena faktor *man*.
- Mengoptimumkan besar suhu solder yang sebaiknya digunakan ketika proses *tabbing* berlangsung yaitu sebesar 360°C. Usulan tersebut digunakan untuk mengurangi permasalahan yang disebabkan karena faktor *machine*.

## Daftar Pustaka:

- Antony, J., Vinodh, S. and Gijo, E. V (2016) *Lean Six Sigma for Small and Medium Sized Enterprises*, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business
- Bluman, A. G., 2009. In: *Elementary Statistics: A Step by Step Approach, Seventh Edition*. s.l.:McGraw-Hill.



- [3] Charron, R. *et al.* (2015) *The Lean management System handbook*.
- [4] Franchetti, M. J. (2015) *LEAN SIX SIGMA for ENGINEERS and MANAGERS with Applied Case Studies*. Taylor & Francis Group, LLC.
- [5] Jirasukprasert, P. *et al.* (2012) 'A Case Study of Defects Reduction in a Rubber Gloves Manufacturing Process by Applying Six Sigma Principles and DMAIC Problem Solving Methodology'.
- [6] Jones, E. C., 2014. Quality Management for Organizations Using Lean Six Sigma Techniques. In: *Quality Management for Organizations Using Lean Six Sigma Techniques*. s.l.:CRC Press.
- [7] Mitra, A., 2016. Fundamentals of Quality Control and Improvement. In: *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. s.l.:s.n.
- [8] Vujovic, A. *et al.* (2012) *Total quality management and six sigma*.