

USULAN PREVENTIVE MAINTENANCE DENGAN MENGGUNAKAN METODE MODULARITY DESIGN PADA MESIN SURFACE MOUNTING TECHNOLOGY (STUDI KASUS : PT. X)

Agustinus Silalahi¹⁾, Ronald Sukwadi²⁾, Trifenaus Prabu Hidayat³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Unika Atma Jaya Jakarta
^{2) 3)} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Unika Atma Jaya Jakarta
Jl. Jenderal Sudirman 51, Jakarta 12930, Indonesia
Phone : 021 - 5708826, ext 3143, Fax : 062 21 – 57900573
e-mail : trifenaus.hidayat@atmajaya.ac.id³⁾

Abstract

PT. X is a company which produce PCB (Printed Circuit Board). Within a lot of companies which move in the same way, PT. X have to be more competitive so that they can prevent their existence. PT. X claimed to keep their consistency on flow production process to fulfill the demand. During the production process often get an inhibition because the failure on SMT machine line 6. Maintenance proses which have done in this company is more to be a corrective maintenance even that the company also do a preventive maintenance such as greasing and checking the machine before and after used. By data that have been provided, can be given a suggestion for maintenance sistem on the company by using the preventive maintenance but moer than that because there is a trend on time to failure for each component is not giving a big differences and there is also a relation among the components so the preventive maintenance can be used by modularity design method. Here, Modularity design will be used to combine for few components to be a new module, that related to Homogeneous of each TTF, the closest MTTF, or cause-and-effect relationship so that can be got the cheapest cost for doing the maintenance. By comparing the cost that have been produced for each method, that will be better if the company use the preventive maintenance using the modularity design method with basic on homogeneous TTF. The difference cost between the preventive maintenance using modularity with homogeneous TTF and corrective maintenance will reach IDR 75.262.964,00

Keyword : Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Modularity Design

PENDAHULUAN

Ketatnya persaingan dalam dunia bisnis mengharuskan bagi setiap perusahaan untuk bekerja ekstra keras untuk dapat mempertahankan eksistensinya dalam bidang usahanya. Sebagai usaha untuk mengantisipasi ketatnya persaingan ini (PT. X) ingin terus memberikan yang terbaik bagi konsumennya dengan memberikan sesuai apa yang diinginkan oleh konsumennya baik secara kuantitas maupun kualitas. PT. X harus dapat menjaga konsistensinya dalam kelangsungan proses produksinya untuk dapat memenuhi permintaan tersebut.

Berdasarkan pada data yang dikeluarkan oleh departemen maintenance PT. X selama tahun 2005-2007 seperti diberikan pada Tabel 1, mesin SMT line 6 merupakan mesin yang paling memiliki presentase kegagalan paling besar jika dibandingkan dengan mesin-mesin SMT lainnya. Melalui hasil wawancara

dan penelitian di lapangan, tercatat sebanyak 128 kali mesin SMT mengalami *breakdown* dalam kurun waktu kurang lebih tiga tahun.

Tabel 1 Data Frekuensi Kerusakan Mesin SMT selama tahun 2005-2007

Mesin	Frekuensi kerusakan
SMT line 1	101
SMT line 2	91
SMT line 3	98
SMT line 4	103
SMT line 5	107
SMT line 6	128
SMT line 7	116
SMT line 8	103
SMT line 9	105
SMT line 10	117

Kerusakan – kerusakan yang terjadi pada mesin ada yang dapat terdeteksi secara langsung dan adapula yang tidak dapat terdeteksi. Baik kerusakan yang terdeteksi dan yang tidak terdeteksi akan sama-sama memberikan gangguan terhadap kelangsungan proses produksi. Dengan menggunakan sistem perawatan yang sekarang, yaitu sistem perawatan *corrective*, pada kerusakan yang tidak terdeteksi selama berlangsungnya proses produksi akan dapat mengakibatkan kerusakan tersebut juga mempengaruhi kinerja dari komponen lainnya yang berhubungan dengan komponen yang bersangkutan dan bahkan dapat merusak komponen tersebut. Dimana pada akhirnya hal tersebut juga akan mempengaruhi biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan, pada biaya tersebut akan terjadi penambahan yang cukup berarti karena diperlukannya biaya untuk penggantian komponen yang ikut menjadi rusak dan selain itu juga terdapat biaya akibat dari *lost production* selama berlangsung proses perbaikan tersebut. Dimana hal ini akan sangat memiliki kemungkinan yang sangat besar dengan sistem perawatan yang ada sekarang.

Sebagai contoh untuk memperjelas hal diatas kita dapat menggunakan hal yang umumnya berkaitan erat dengan kita pada sehari-harinya, pada zaman sekarang ini tentu sepeda motor merupakan kendaraan paling praktis untuk menghindari kemacetan yang semakin menjadi di Jakarta. Tetapi tentunya dengan kemacetan yang ada sekarang ini, komponen-komponen pada sepeda motor ini harus mendapat perhatian lebih lagi apabila dibandingkan dengan zaman-zaman sebelumnya. Sebagai contoh, kita akan menyoroti komponen motor ini pada bagian *gir* dan rantai yang tentunya harus dalam keadaan maksimal untuk melalui kemacetan di Jakarta ini. Sebagai ilustrasi yang dapat digunakan adalah apabila salah satu dari komponen tersebut sudah dalam kondisi yang kurang baik atau 'termakan'* maka komponen tersebut akan langsung mempengaruhi kinerja dari komponen lainnya sehingga akan mengakibatkan penggunaan komponen tersebut menjadi tidak maksimal. Hal terburuk yang dapat terjadi adalah terjadinya kerusakan terhadap komponen yang bersangkutan. Apabila penggantian komponen hanya dilakukan pada satu komponen yang rusak dimana komponen yang berhubungan juga dalam kondisi yang sudah cukup rusak maka penggantian yang dilakukan terhadap satu komponen tersebut akan dapat menjadi sia-sia karena komponen baru tersebut juga tidak dapat bekerja secara maksimal dan pada akhirnya umur dari komponen baru tersebut menjadi lebih pendek dari yang diharapkan.

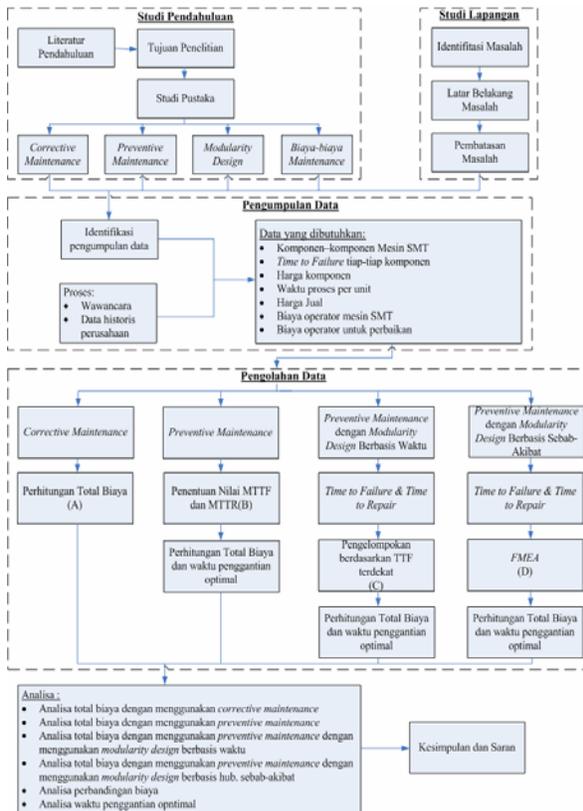
Oleh karena itu, untuk menanggulangi hal seperti contoh di atas tersebut, maka akan diterapkan sistem perawatan yang dipadukan dengan *modularity design*. Dengan adanya *modularity* di sini maka proses manufaktur dan perakitan akan menjadi lebih

sederhana dan murah. Untuk dapat melihat dua atau lebih komponen yang saling berhubungan tersebut memang dapat dilakukan proses penggabungan menjadi sebuah modul, tentu kita harus mempunyai dasar yang akan digunakan sebagai acuan untuk menggabungkan dua atau lebih komponen yang bersangkutan tersebut. Dasar yang pertama yang akan digunakan untuk mengelompokkan berbagai komponen tersebut adalah waktu, dimana waktu yang dimaksudkan di sini adalah pendekatan terhadap *time to failure* yang dimiliki oleh masing-masing komponen yang ada. Pengelompokan di sini akan dilakukan terhadap komponen-komponen yang memiliki nilai *time to failure* hampir sama. Selain itu dasar yang kedua yang digunakan adalah pengelompokan berdasarkan sebab-akibat dari satu komponen terhadap komponen lainnya. Hal ini berarti kita akan melakukan penelitian bahwa apabila suatu komponen rusak apakah akan memiliki dampak terhadap komponen lainnya yang baik berhubungan secara langsung maupun tidak secara langsung.

Adapun tujuan diadakannya penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi komponen yang dapat dikelompokkan kedalam perawatan berbasis modul, menentukan jadwal optimal untuk melakukan penggantian komponen sesuai dengan metode yang terpilih dan melakukan perbandingan biaya dari sistem perawatan yang ada sekarang ini (*corrective maintenance*) dengan sistem perawatan *preventive* dengan perpaduan *modularity design*.

Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini lebih terfokus dan dapat memberikan hasil yang lebih optimal, maka metodologi penelitian yang dilakukan seperti diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Metodologi Penelitian

Penentuan nilai MTTF dan MTTR pada metode sistem perawatan *preventive*. Dan pengelompokan komponen disini akan dilakukan dengan menggunakan dua buah dasar pengelompokan, yaitu:

- Waktu (Time to Failure), disini kita akan mencari komponen-komponen yang memiliki nilai Time to Failure berdekatan sehingga dapat dikelompokkan untuk menjadi satu buah modul.
- Sebab-akibat, melalui data historis yang dimiliki oleh perusahaan dan dengan menggunakan bantuan metode FMEA untuk mencari keterkaitan satu komponen dengan komponen lainnya.

Penentuan biaya yang harus dikeluarkan untuk masing-masing metode, metode maintenance yang bersifat *corrective*, *preventive maintenance*, maintenance dengan penerapan *modularity design* berdasarkan waktu, maintenance dengan penerapan *modularity design* berdasarkan hubungan sebab-akibat. Terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan untuk mendapatkan jumlah biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan apabila akan melakukan satu pergantian komponen/modul sesuai dengan metode perawatan yang digunakan. Langkah-langkah tersebut adalah :

- Biaya yang harus dikeluarkan untuk pergantian komponen: $\text{Harga/komponen} \times \text{jmlh komponen}$
- Kerugian akibat tidak terproduksinya PCB (Diasumsikan keuntungan yang diperoleh untuk 1 PCB = Rp30.000,00) = $(a) \times \text{Rp } 30.000,00/\text{PCB}$
- Dimana banyak PCB yang tidak dapat diproduksi $(a) : = (\text{Total waktu perbaikan} + \text{Total waktu set-up mesin}) \times \text{Jumlah produksi PCB/jam}$
- Kerugian biaya yang harus dikeluarkan untuk membayar biaya operator mesin: $= (\text{Total waktu perbaikan} + \text{Total waktu set-up mesin}) \times \text{Gaji operator/jam}$
- Biaya yang harus dikeluarkan untuk membayar biaya teknisi: $= (\text{Total waktu perbaikan} + \text{Total waktu set-up mesin}) \times \text{Gaji teknisi}$

Maka Total biaya yang harus dikeluarkan untuk sebuah komponen/modul dengan menggunakan sistem perawatan yang ditentukan merupakan jumlah dari masing-masing biaya.

HASIL PENELITIAN

Pengolahan data akan dibagi menjadi 4 bagian, pada pengolahan data pertama ini kita akan melakukan pengolahan data berdasarkan metode *corrective maintenance*. Sedangkan untuk pengolahan data bagian yang kedua sampai yang terakhir akan lebih mengacu terhadap sistem perawatan yang bersifat pencegahan (*preventive maintenance*).

1. Corrective Maintenance

Sistem perawatan yang dilakukan oleh perusahaan adalah *corrective maintenance*. Biaya yang dikeluarkan bila menggunakan sistem perawatan *corrective maintenance* diberikan pada Tabel 2.

2. Preventive Maintenance

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan biaya perawatan yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan apabila perusahaan menerapkan kebijakan metode perawatan dengan menggunakan *preventive maintenance*. Penetapan interval penggantian dari komponen akan didasarkan atas kriteria minimasi *downtime*. Biaya pergantian untuk masing-masing komponen diberikan pada Tabel 3.

3. Preventive Maintenance dengan Modularity Design Berdasarkan Nilai MTTF

Berdasarkan Homogenitas Data TTF, maka didapatkan modul perawatan sebagai berikut:

- Modul I : *Power Supply* + *Nozzle* + *Sensor SG* + *Sensor Q1* + *Mtr Drv Q3* + *Mtr Q1*
- Modul II : *Sensor Q3* + *Sensor Receiver* + *Solenoid Valve* + *Motor H*
- Modul III : *Regulator Angin* + *Motor Driver Q1*
- Modul IV : *Motor V* + *Feeder* + *Sensor Photo Micro*

Total biaya keseluruhan yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan dengan menerapkan pola perawatan yang berdasarkan pada *modularity* berbasis

homogenitas data historis selama tahun 2005 – 2007 adalah Rp190.583.801,00

4. Preventive Maintenance dengan Modularity Design

Berdasarkan Nilai MTTF terdekat (≤ 1 hari)

Berdasarkan Nilai MTTF terdekat (≤ 1 hari), maka didapatkan modul perawatan sebagai berikut:

- Modul I : Power Supply + Sensor Q1
- Modul II : Sensor Q3 + Motor Driver Q3
- Modul III : Motor H + Regulator Angin
- Modul IV : Motor Driver Q1 + Motor Q1

Total biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan apabila perusahaan mengaplikasikan sistem perawatan ini adalah Rp228.768.108,00

5. Preventive Maintenance dengan Modularity Design

Berdasarkan Berdasarkan Nilai MTTF yang terdekat dengan Metode Trial-Error

Pengelompokan yang dilakukan pada bagian selanjutnya akan menyerupai pada bagian sebelumnya yaitu dengan menggabungkan komponen yang memiliki kedekatan nilai MTTFnya, tetapi nilai kedekatan ini dapat melebihi selang waktu satu hari. Hal yang dikatakan memiliki kedekatan adalah dengan secara langsung melihat terhadap nilai-nilai MTTF dari beberapa komponen dan memperkirakannya apakah data dikategorikan sebagai satu modul. Melalui hasil perhitungan dari Trial-Error pertama sampai terakhir (1-15) didapatkan bahwa pada trial kesepuluh merupakan model penggabungan yang terbaik dengan bentuk modul sebagai berikut :

- Modul I : Power Supply + Sensor Q1
- Modul II : Motor Driver Q1 + Motor Q1
- Modul III : Sensor Q3 + Motor Driver Q3
- Modul IV : Motor V + Sensor Receiver + Selenoid Valve
- Modul V : Motor H + Regulator Angin

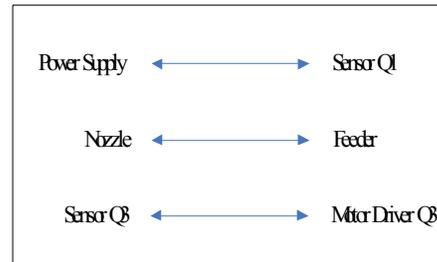
Maka total biaya perawatan yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan apabila menggunakan sistem modul diatas adalah sebesar:

Rp214.714.880,00

6. Preventive Maintenance dengan Modularity Design

Berdasarkan Hubungan Sebab-Akibat

Pada proses *modularity* berbasis hubungan sebab-akibat disini, penggabungan komponen-komponen yang berhubungan ini merupakan penggabungan terhadap komponen yang memiliki sifat hubungan dua arah dari satu komponen terhadap komponen lainnya yang bersangkutan. Melalui penafsiran yang didapatkan dari gambar diatas maka akan diperoleh hubungan sebab-akibat yang bersifat dua arah pada beberapa komponen. Pada Gambar 2 dibawah ini akan digambarkan beberapa hubungan yang memiliki hubungan sebab-akibat bersifat dua arah.



Gambar 2 Hubungan sebab-akibat bersifat dua arah

Apabila dilihat dari hubungan dari FTA diatas, maka komponen-komponen akan dapat dikelompokkan menjadi:

- Modul I : Power Supply – Sensor Q1
- Modul II : Nozzle – Feeder
- Modul III : Sensor Q3 – Motor Driver Q3

Total biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan apabila ingin menerapkan sistem modul dengan basis hubungan sebab-akibat antar komponen maka akan biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan adalah sebesar Rp 235.487.698,00

PEMBAHASAN

Berdasarkan pengolahan data maka didapatkan rekap total biaya perawatan tiap metode sesuai diberikan Tabel 4. Untuk biaya preventive maintenance biasa, kita akan melihat bahwa sebetulnya biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan sudah cukup kecil, tetapi yang harus dilihat kembali adalah untuk beberapa jenis komponen, interval waktu penggantian memiliki selang yang cukup jauh untuk terjadi kerusakan berikutnya. Hal ini berbeda dengan keadaan sebenarnya mesin yang dicerminkan melalui nilai MTTF komponen-komponennya. Dengan semakin besarnya nilai interval tersebut tentu akan mempengaruhi banyaknya jumlah komponen yang akan dilakukan penggantian selama kurun waktu tiga tahun. Oleh karena itu pula untuk melakukan pendekatan tersebut, maka pada proses pengolahan untuk *prevetive maintenance* dengan *modularity* disini, akan berdasarkan pada nilai MTTF yang sebenarnya. Hal ini diambil dengan harapan untuk dapat menghasilkan biaya yang mendekati keadaan mesin aslinya.

Dasar pengelompokan untuk metode homogenitas dari data TTF disini dapat dilihat mengenai *time similarity* yaitu meminimalkan terjadinya pengulangan terhadap proses perbaikan terhadap komponen-komponen yang memiliki waktu *time to failure* hampir sama. Oleh karena itu untuk nilai MTTF yang digunakan pada perhitungan ini akan didapatkan dengan menggabungkan nilai TTF dari masing-masing

komponen yang dikelompokkan menjadi satu modul sehingga akan didapatkan suatu nilai MTTF yang baru untuk mewakili data kerusakan modul yang bersangkutan. Dasar yang digunakan untuk mendapatkan nilai MTTF adalah rata-rata yang diperoleh dengan penggabungan nilai TTF yang tergolong homogeny dengan komponen lainnya. Dengan menggunakan sistem *modularity* seperti ini maka diharapkan bahwa selain tidak terjadi pengulangan langkah-langkah perbaikan hal lainnya yang dapat di minimasi adalah lamanya waktu set-up yang tidak dilakukan secara berulang-ulang. Nilai-nilai waktu tersebut akan sangat berpengaruh terhadap biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan untuk biaya-biaya seperti gaji operator mesin yang mengganggu selama kurun waktu terjadinya *breakdown*, selain itu juga terdapat biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan untuk membayar mekanik untuk melakukan perbaikan terhadap mesin selama kurun waktu yang diperlukan. Hal lain yang sangat terpengaruh dengan semakin besarnya total waktu perbaikan disertai dengan total waktu set-up yang berulang-ulang dan menjadi besar adalah pada biaya *profit loss* yang harus merugikan perusahaan apabila terjadi waktu *breakdown* yang lama ditambah dengan waktu set-up yang berulang-ulang.

Pengelompokkan berdasarkan metode *Modularity* Berbasis MTTF Terdekat (≤ 1 hari) akan dilakukan dengan melihat nilai MTTF tiap komponen, pada nilai MTTF yang tidak berbeda jauh disini akan dikelompokkan menjadi satu modul tertentu. Batasan yang digunakan disini untuk dikatakan nilai MTTF satu tersebut dekat dengan yang lainnya adalah apabila nilai MTTF dari komponen-komponen tersebut tidak lebih besar dari 1 hari. Pendekatan disini mengacu pada alasan bahwa daripada melakukan proses perbaikan pada hari yang sama dan dengan waktu tidak terlalu berbeda jauh sehingga tidak menyebabkan terjadinya pengulangan terhadap waktu *set-up* mesin sebanyak perbaikan yang dilakukan.

Melalui proses *trial and error* disini ternyata didapatkan bahwa penggabungan percobaan yang paling sesuai terdapat pada langkah percobaan yang kesepuluh dengan 5 macam modul. Hal yang menyebabkan terjadinya perbedaan biaya yang cukup signifikan adalah dengan dihilangkannya komponen *Sensor SG* dari modul nomor dua dan komponen *Sensor Photo Micro* dari modul nomor tiga. Dengan dihilangkannya kedua komponen itu maka biaya perawatan dapat ditekan karena apabila kedua komponen tersebut masih berada dalam modulnya masing-masing maka secara langsung banyaknya penggantian terhadap kedua komponen tersebut akan semakin banyak karena harus mengikuti pola interval sesuai dengan MTTF yang terkecil dalam modulnya. Hal ini juga disebabkan karena harga untuk satu

komponen tersebut cukup besar. Selain itu apabila kita melihat pada modul keempat, ternyata akan lebih baik apabila dilakukan penggabungan terhadap *Sensor Receiver*, *Motor V* dan *Solenoid Valve* menjadi sebuah modul. Ternyata dengan perbedaan MTTF yang tidak begitu jauh akan dapat mengurangi biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan karena dengan dipisah-pisahannya ketiga komponen tersebut maka akan semakin meningkatkan biaya perawatan yang disebabkan pada penambahan waktu *set-up* yang akan lebih banyak dan akan berpengaruh pula pada kerugian yang harus dialami karena hilangnya keuntungan yang seharusnya dapat diperoleh.

Yang menjadi fokus penggabungan *Modularity* Berbasis Hubungan Sebab-Akibat merupakan hubungan antar komponen yang bersifat dua arah, karena apabila kita hanya menggunakan dasar hubungan sebab-akibat tanpa memfokuskan pada hubungan yang bersifat dua arah hal ini akan mengakibatkan terjadi penambahan biaya. Sebagai contoh adalah hubungan *Sensor SG* dengan *Motor H*, melalui Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa apabila *Sensor SG* mengalami kerusakan maka hal tersebut akan mengganggu kinerja dari *Motor H* dan memungkinkan untuk terjadinya kerusakan pula pada *Motor H* sehingga untuk mencegah hal tersebut terjadi mak kedua komponen tersebut dapat di kelompokkan. Namun jika kita melihat hubungan secara terbalik bahwa ternyata jika *Motor H* mengalami kerusakan, hal tersebut tidak memiliki dampak apapun terhadap *Sensor SG*. Sehingga apabila saat terjadi kerusakan *Motor H*, sebetulnya tidak perlu dilakukan penggantian komponen *Sensor SG*.

Apabila dilihat pada Tabel 2 proses penggabungan komponen yang berdasarkan pada hubungan sebab-akibat antar komponen tidak memberikan biaya yang lebih efisien apabila di dibandingkan biaya-biaya *preventive maintenance* lainnya, hal ini dapat dikarenakan oleh umur mesin yang sudah sangat tua tersebut. Dengan keadaan mesin yang sudah lama dan sistem perawatan yang diterapkan selama ini terus bersifat *corrective* sangat dimungkinkan terjadinya gangguan yang tidak terdeteksi lagi sesuai dengan yang tertera pada buku panduan mesin.

Dengan melihat Tabel 4 terdapat rekap biaya-biaya yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan apabila perusahaan menerapkan metode-metode perawatan yang ada, dengan melihat nominal biaya-biaya tersebut maka akan lebih baik apabila pihak perusahaan menggunakan perawatan dengan *preventive maintenance* dengan *modularity design* berbasis homogenitas data TTF karena apabila kita melihat perbandingan biaya yang dikeluarkan maka dengan metode inilah perusahaan dapat meminimasi pengeluarannya untuk melakukan perawatan terhadap mesin *SMT line 6*.

Salah satu hal yang menjadi penyebab terjadi perbedaan biaya tersebut adalah dengan diterapkannya dasar waktu interval penggantian disini berdasarkan pada nilai MTTF baru setelah penggabungan modul, maka terdapat keuntungan secara waktu apabila dibandingkan dengan modularity lainnya dimana dasar nilai MTTF yang dihasilkan merupakan rata-rata dari data-data TTF komponen yang digabungkan sehingga nilai MTTF tersebut secara otomatis akan lebih besar apabila dibandingkan dengan metode *modularity* lainnya yang diterapkan pendekatan bahwa interval waktu penggantian didasarkan pada nilai MTTF terkecil dari komponen-komponen pada modul yang bersangkutan. Dengan semakin besarnya interval waktu penggantian maka secara otomatis jumlah komponen-komponen yang harus mengalami penggantian akan semakin berkurang dan hal tersebut juga akan mempengaruhi besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan perawatan mesin SMT ini.

KESIMPULAN

Melalui hasil penelitian dilapangan, pengolahan data dan analisis, maka diberikan beberapa hal yang menjadi kesimpulan, bahwa Mesin Kritis yang terpilih dari sepuluh *line* mesin SMT yang berjalan adalah mesin SMT *line* 6, Dengan terpilihnya metode pengelompokan komponen dengan *modularity* berdasarkan homogenitas data TTF, maka modul-modul yang dapat terbentuk adalah sebagai berikut :

- a. Modul I : *Power Supply* + *Nozzle* + Sensor SG + Sensor Q1 + *Mtr DrvQ3* + Mtr Q1
- b. Modul II : Sensor Q3 + *Sensor Receiver* + *Solenoid Valve* + Motor H
- c. Modul III : Regulator Angin + Motor Driver Q1
- d. Modul IV : Motor V + *Feeder* + *Sensor Photo Micro*

Melalui hasil penelitian dilapangan, pengolahan data dan analisis, maka diberikan beberapa hal yang menjadi saran, yaitu :

1. Dengan terpilihnya metode perawatan dengan menggunakan modul, maka perlu diteliti lebih lanjut untuk penentuan besarnya *time to failure* per modul untuk masa yang akan datang agar dapat diperoleh informasi yang lebih tepat sehingga apabila terdapat kedekatan waktu terhadap modul-modul lainnya apakah sebaiknya dapat dilakukan penggabungan kembali.
2. Pada proses perbaikan tiap – tiap komponen, sebaiknya diberikan *Standard Operation Procedure* (SOP) untuk memudahkan langkah-langkah proses perbaikannya. Selain itu dengan adanya SOP maka pihak perusahaan akan dapat mengetahui nilai pasti waktu perbaikan yang diperlukan untuk hanya memperbaiki komponen yang bersangkutan.

Apabila pihak perusahaan telah memiliki SOP untuk setiap proses-proses perbaikannya maka untuk penelitian selanjutnya mengenai *maintenance*, nilai

MTTR setiap komponen yang akan digunakan dapat diperoleh melalui lamanya waktu perbaikan masing-masing komponen sesuai dengan yang terdapat pada SOP untuk perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basu, Ron. (2004). *Implementing Quality : A Practical Guide to Tools and Techniques*, Britain : Thomson Learning.
- [2] Ebeling, Charles. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw-Hill.
- [3] Gershenson, J.K., S. Allamneni, G.J. Prasad, (1999). *Modular Product Design: A Life-Cycle View, Transactions of SDPS*, vol. 3, no. 4, pp. 13-26.
- [4] Gershenson, J.K., S. Allamneni, G.J. Prasad, (1997). *Product Modularity and Its effects on Service and Modularity. Jurnal Maintenance and Reliability Conference*. Knoxville, Tennessee.

Tabel 2 Rekap Biaya Penggantian Untuk Masing Komponen-Masing

Komponen	Biaya pergantian Komponen	Kerugian Tidak Produksi PCB	Kerugian Gaji Operator Mesin	Biaya Teknisi	Total Biaya Penggantian
Power supply	Rp 14.636.160,00	Rp 57.000.000,00	Rp 65.000,00	Rp 87.500,00	Rp71.788.660,00
Nozzle	Rp 2.522.520,00	Rp 23.490.000,00	Rp 26.767,00	Rp 36.032,00	Rp26.075.319,00
Sensor SG	Rp 1.848.000,00	Rp 11.310.000,00	Rp 12.896,00	Rp 17.360,00	Rp 13.188.256,00
Sensor Q1	Rp 9.849.840,00	Rp 38.880.000,00	Rp 44.304,00	Rp59.640,00	Rp 48.833.784,00
Sensor Q3	Rp 1.995.840,00	Rp 7.530.000,00	Rp 8.567,00	Rp 11.533,00	Rp 9.545.940,00
Mtr Drv Q3	Rp 2.748.900,00	Rp 16.740.000,00	Rp 19.071,00	Rp 25.673,00	Rp 19.533.644,00
Sensor Receiver	Rp 831.600,00	Rp 3.240.000,00	Rp 3.692,00	Rp 4970,00	Rp 4.080.262,00
Solenoid Valve	Rp 401.940,00	Rp 3.720.000,00	Rp 4225,00	Rp Rp 5688,00	Rp 4.131.853,00
Mtr H	Rp 831.600,00	Rp 5.910.000,00	Rp 6721,00	Rp 9048,00	Rp 6.757.369,00
Regulator Angin	Rp 277.200,00	Rp 3.420.000,00	Rp 3900,00	Rp 5250,00	Rp 3.706.350,00
Mtr Drv Q1	Rp 4.139.520,00	Rp 17.400.000,00	Rp 19.825,00	Rp 2.027.125,00	Rp 23.586.470,00
Mtr Q1	Rp 2.550.240,00	Rp 11.400.000,00	Rp 13.000,00	Rp 17.500,00	Rp 13.980.740,00
Mtr V	Rp 859.320,00	Rp 3.330.000,00	Rp 3796,00	Rp 5110,00	Rp 4.198.226,00
Feeder	Rp 1.256.640,00	Rp 13.590.000,00	Rp 15.483,00	Rp 20.843,00	Rp 14.882.966,00
Sensor Photo Micro	Rp 1.515.360,00	Rp 11.310.000,00	Rp 12.896,00	Rp 17.360,00	Rp 1.556.926,00
Total Biaya Keseluruhan					Rp265.846.765,00

Tabel 3 Rekap Biaya Penggantian Untuk Masing Komponen-Masing

Komponen	Biaya pergantian Komponen	Kerugian Tidak Produksi PCB	Kerugian Gaji Operator Mesin	Biaya Teknisi	Total Biaya Penggantian
Power supply	Rp7.539.840,00	Rp 29.310.000,00	Rp 33.410,00	Rp 44.975,00	Rp36.928.225,00
Nozzle	Rp1.321.320,00	Rp 12.600.000,00	Rp 14.365,00	Rp 19.338,00	Rp 13.955.023,00
Sensor SG	Rp693.000,00	Rp 4.230.000,00	Rp 4.823,00	Rp 6.493,00	Rp 4.934.316,00
Sensor Q1	Rp6.440.280,00	Rp 25.800.000,00	Rp 29.393,00	Rp 39.568,00	Rp 32.309.241,00
Sensor Q3	Rp1.663.200,00	Rp 6.810.000,00	Rp 7.748,00	Rp 10.430,00	Rp 8.491.378,00
Mtr Drv Q3	Rp1.963.500,00	Rp 12.570.000,00	Rp 14.313,00	Rp 19.268,00	Rp 14.567.081,00
Sensor Receiver	Rp 554.400,00	Rp 2.610.000,00	Rp 2.951,00	Rp 3.973,00	Rp 3.171.324,00
Solenoid Valve	Rp 267.960,00	Rp 2.850.000,00	Rp 3.250,00	Rp 4.375,00	Rp 3.125.585,00
Mtr H	Rp 831.600,00	Rp 6.750.000,00	Rp 7.683,00	Rp 10.343,00	Rp 7.599.626,00
Regulator Angin	Rp 369.600,00	Rp 5.430.000,00	Rp 6.188,00	Rp 8.330,00	Rp 5.814.118,00
Mtr Drv Q1	Rp 3.104.640,00	Rp 13.680.000,00	Rp 15.600,00	Rp 21.000,00	Rp 16.821.240,00
Mtr Q1	Rp 2.550.240,00	Rp 12.270.000,00	Rp 13.975,0	Rp 18.812,00	Rp 14.853.027,00
Mtr V	Rp 572.880,00	Rp 2.790.000,00	Rp 3.172,00	Rp 4.270,00	Rp 3.370.322,00
Feeder	Rp 1.727.880,00	Rp 19.560.000,00	Rp 22.295,00	Rp 30.012,00	Rp 21.340.187,00
Sensor Photo Micro	Rp 1.894.200,00	Rp 15.480.000,00	Rp 17.641,00	Rp 23.748,00	Rp 14.415.589,00
Total Biaya Keseluruhan					Rp201.696.282,00

Tabel 4 Hasil Rekap Total Biaya Perawatan Tiap Metode

A large black rectangular area representing a redacted table. The table content is completely obscured by a solid black fill.