

PENINGKATAN KUALITAS PRODUKSI PELAT DINDING DAN ATAP PANEL SANDWICH MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA

Ridwan Usman

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Indraprasta PGRI
Jl. Nangka 58 Tanjung Barat, Jagakarsa Jakarta Selatan 12630
e-mail: ridwansmn@gmail.com

Abstract

This research aims to identify, measure, and analyze process production of EPS (Expanded Polystyrene) Sandwich Panel produced by PT. BI. It also gave recommendation to improve the process production for increasing product quality. This products produced by PT. BI is still have high defects so that it need improvement to decrease defect product. The approach used to solve this problem is Six Sigma method based on the stages of DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control). Identification for defect product consists of defects occurred in the process bending plate, gluing, press roll pressing and cutting. The results of previous research obtained DPMO (Defect Per Million Opportunities) value is 6500 and sigma level is 3.98. It has not reached the expected target of 6 sigma. Analysis using fishbone diagram and FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) show that there is need for corrective action to improve company's performance. Proposed quality improvement is conducted by installing plastic roll (laminating coating) and replacing broken roll press. The result of proposed improvement shows DPMO value is 3227 and the sigma level is 4.22.

Key words : Sandwich Panel; Six Sigma; DMAIC

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan menganalisis proses produksi dari Sandwich Panel yang diproduksi oleh PT. BI. Selain itu, penelitian ini juga memberikan saran rekomendasi perbaikan proses produksi untuk peningkatan kualitas produk. Sandwich Panel EPS yang diproduksi oleh PT. BI masih memiliki tingkat cacat produk yang tinggi. Untuk itu diperlukan upaya perbaikan untuk proses produksinya. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Six Sigma dengan berdasarkan tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control). Identifikasi produk cacat yang dilakukan terdiri dari cacat yang terjadi pada proses plat bending, pengeleman, roll press dan cutting. Hasil penelitian sebelumnya diperoleh nilai DPMO sebesar 6500 dan tingkat sigma sebesar 3,98. Hal ini menunjukkan belum tercapai target yang diharapkan yaitu 6 sigma. Analisis dengan menggunakan diagram fishbone dan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) menunjukkan bahwa perlu adanya tindakan perbaikan untuk meningkatkan performansi perusahaan. Usulan perbaikan kualitas dilakukan dengan memasang plastik roll (pelapis laminating) dan penggantian roll press yang rusak. Hasil evaluasi terhadap implementasi usulan perbaikan menunjukkan nilai DPMO sebesar 3227 dan tingkat sigma menjadi 4,22.

Kata kunci : Panel Sandwich; Six Sigma; DMAIC

PENDAHULUAN

Komponen-komponen bangunan yang dibuat secara *prefabrikasi* sudah mulai banyak digunakan karena waktu konstruksi menjadi lebih cepat (Putra dan Susanto, 2017). Prefabrikasi banyak digunakan pada industri farmasi *clean room*, pabrik modern, industri pengolahan makanan dan gudang penyimpanan, *cold room dan cold storage*, industri pertambangan, *base camp, project mess dan site office* dan lain sebagainya. Sejalan dengan kesempatan bisnis yang terbuka luas, PT. BI adalah salah satu manufaktur yang menjalankan bisnis di bidang pembuatan dinding *Insulated Panel systems* Panel Sandwich sejak Agustus 1997. Dinding dengan material berlapis ini terdiri dari tiga material yaitu EPS (*Expanded Polystyrene*), plat baja *Zincalume* dan perekat (*thermosetting adhesives*). Selain jenis bahan yang digunakan, faktor terpenting dari kekuatan Panel Sandwich adalah terletak pada kuat rekat (perekatan) antara lapisan muka plat dengan lapisan intinya EPS (*Expandable Polystyrene*). Oleh karena itu proses perekatan yang digunakan harus dilakukan sebaik mungkin sehingga kualitas Panel

Sandwich yang diproduksi sesuai dengan produk standar (Vincent, 2012; Sari dkk., 2010; Putra dan Susanto, 2017).

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang mengukur kualitas produk dan proses produksi panel sandwich EPS di PT. BI. Pada penelitian tersebut masih ditemukan ketidaksesuaian atau cacat dalam proses *roll press*. Proses pengecekan (*inspeksi*) dilakukan secara manual oleh operator. Pengecekan kualitas hasil produksi dilakukan selama produksi berjalan untuk memastikan permukaan panel tidak cacat tergores (*scratch*). Proses tersebut dilakukan secara kontinyu sampai produksi selesai, sehingga panel yang diproduksi sesuai dengan standar. Namun, PT. BI belum mencapai *zero defect* dalam proses produksi yang dilakukan. Untuk itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi, mengukur dan menganalisis penelitian sebelumnya dalam proses produksi Panel Sandwich berkaitan dengan kualitas produk serta memberikan usulan perbaikan terhadap proses produksi yang dihasilkan

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah pendekatan Six Sigma dengan tahapan DMAIC (Pande dan Holpp, 2002; Rachmadita, 2009). Tahapan six sigma yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. *Define*, yaitu dilakukan identifikasi terhadap proses produksi yang berjalan dan cacat produksi untuk produk Panel Sandwich EPS di PT. BI.
2. *Measure*, yaitu dilakukan pengumpulan berbagai data untuk mengatasi permasalahan kualitas produk yang terjadi. Pada tahap ini dilakukan penentuan karakteristik CTQ (*Critical to Quality*) untuk mengidentifikasi standar performance dari CTQ, membuat peta kendali untuk data atribut, menghitung nilai DPMO dan *level Sigma* perusahaan.
3. *Analyze*, yaitu dilakukan analisis terhadap akar penyebab permasalahan kualitas yang terjadi pada Panel Sandwich EPS di PT. BI. Analisis dilakukan menggunakan fishbone diagram.

Improve, yaitu memberi rekomendasi usulan perbaikan untuk mencegah atau mengatasi terjadinya *defect* produk Panel Sandwich EPS di PT. BI. Rencana tindakan perbaikan dibuat dengan menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mengetahui urutan prioritas usulan perbaikan yang sebaiknya dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan tahapan yang dilakukan di dalam Six Sigma, didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Tahap *Define*

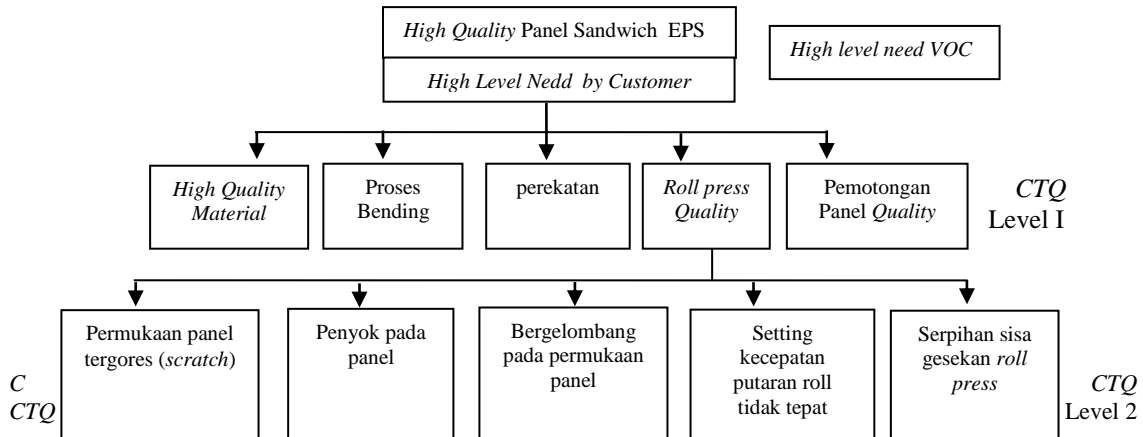
Tahap ini meliputi identifikasi proses yang berjalan dan identifikasi cacat produksi yang terjadi. Hasil penelitian pendahuluan, ditemukan ada beberapa bagian proses produksi dengan tingkat kegagalan proses yang cukup tinggi. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data variabel yang diperoleh dari proses produksi Panel Sandwich EPS selama bulan Juli-September 2016. Data jumlah cacat dalam proses produksi Panel Sandwich EPS dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Jumlah cacat dalam proses produksi Panel Sandwich EPS

No	Proses Produksi	Jumlah (Sqm)	Persentase Cacat (%)
1	Bending	90,25	13,79%
2	Perekatan	366,59	56,03%
3	Roll press	99,85	15,26%
4	Pemotongan panel	97,61	14,92%
Jumlah cacat (Sqm)		654,30	100%

b. Tahap *Measure*

Pada tahap ini dilakukan penentuan karakteristik CTQ (*Critical to Quality*) untuk mengidentifikasi standar *performance*, membuat peta kendali untuk data atribut, perhitungan DPMO dan *level Sigma* perusahaan. CTQ merupakan kategori cacat yang berpotensi menyebabkan produk yang dihasilkan cacat sehingga mempengaruhi kualitas produk. Beberapa CTQ yang ada pada proses Panel Sandwich EPS dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Voice of customer* Panel Sandwich EPS

Penjelasan dari Gambar 1. adalah sebagai berikut:

1. Permukaan panel tergores (*scratch*) adalah kesalahan yang terjadi karena permukaan roll pengepress sudah tidak rata, cacat atau bergelombang. Hal ini disebabkan usia pakai dan seringnya bergesekan dengan permukaan panel serta pemanas heater (proses pengeleman)
2. Penyok pada panel karena jatuhnya kotoran (*gram*) yang ikut menempel di *roll press* sehingga tertekan roll dan menjadikan permukaan panel menjadi penyok.
3. Bergelombang pada permukaan panel disebabkan penekanan tidak rata antara masing – masing permukaannya (*roll press* tidak *square*).
4. Setting kecepatan putaran roll tidak tepat dengan putaran terlalu cepat atau lambat akan mempengaruhi kualitas pengepresan panel.
5. Serpihan sisa gesekan *roll press* disebabkan pergesekan antar roll mengakibatkan permukaan panel cacat melendut, timbul garis putus, akibat serpihan terpress/tertekan oleh *roll press*.

Untuk perhitungan Nilai DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan tingkat sigma perusahaan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. *Unit* (U)

Unit adalah jumlah produk yang diperiksa dalam inspeksi yaitu sebesar 20029,26 Sqm

2. *Opportunities* (OP)

Opportunities adalah karakteristik yang kritis bagi kualitas yang berpotensi untuk menjadi cacat.

$$\text{Kesempatan cacat/Opportunities (OP)} = 5 \tag{1}$$

3. *Defect* (D)

Defect merupakan jumlah kecacatan yang terjadi dalam produksi. Jumlah *Defect* yang terjadi pada produk Panel Sandwich *polystyrene* pada bulan Juli-September 2016 adalah 654,30 Sqm.

$$\text{Defect Per Unit (DPU)} = \frac{\text{jumlah cacat}}{\text{Total Prod}} = \frac{654,30 \text{ Sqm}}{20029,26 \text{ Sqm}} = 0,0326 \tag{2}$$

4. *Total Opportunities* (TOP) :

$$\text{TOP} = \text{U} \times \text{OP} = 20029,26 \times 5 = 100146,3 \tag{3}$$

5. Defect Per Opportunities

$$DPO = \frac{D}{TOP} = \frac{654,30}{100146,3} = 0.0065 \tag{4}$$

6. Defect Per Million Opportunities (DPMO)

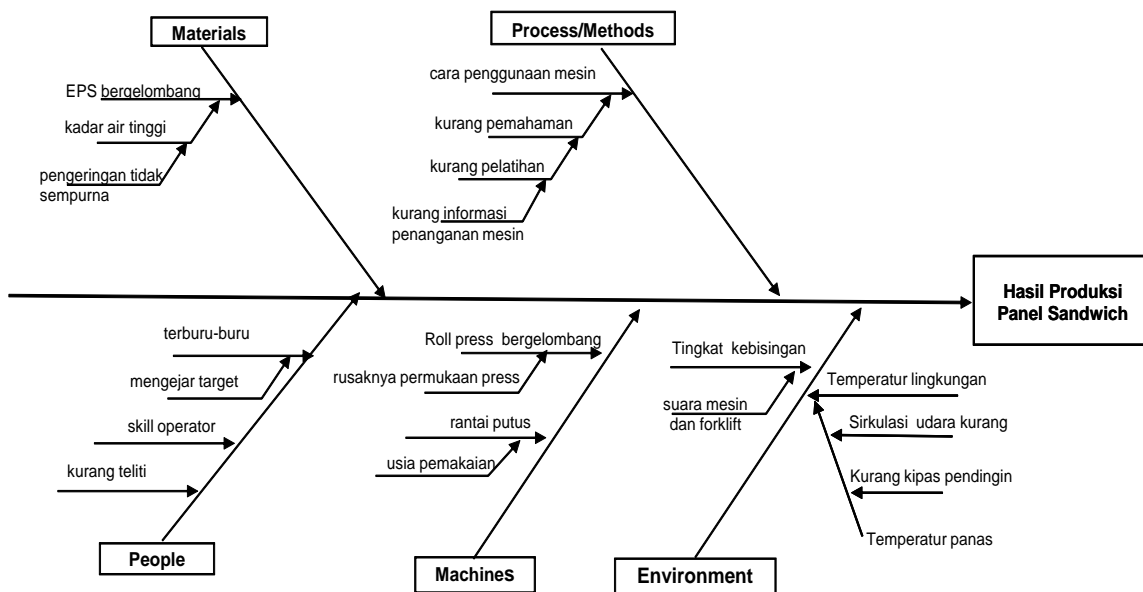
$$DPMO = DPO \times 1.000.000 = 0,0065 \times 1.000.000 = 6500 \tag{5}$$

Berdasarkan nilai DPMO menunjukan bahwa peluang terjadinya cacat atribut dalam proses produksi Panel Sandwich EPS adalah sebesar 6500 cacat per satu juta kesempatan. Dengan demikian, terlihat bahwa proses masih jauh dari target *Six Sigma*. Perhitungan tingkat *sigma* dilakukan dengan mengkonversi DPMO ke tingkat *sigma* dengan menyesuaikannya dengan tabel konversi *six sigma*. Berikut adalah konversi DPMO menjadi tingkat *sigma* :

$$\begin{aligned} \text{Tingkat Sigma} &= \text{NORMSINV} ((1.000.000 - DPMO) / 1.000.000) + 1,5 \\ &= \text{NORMSINV} ((1.000.000 - 6500) / 1.000.000) + 1,5 \\ &= 3,9837 \approx 3,98 \text{ sigma} \end{aligned} \tag{6}$$

c. Tahap Analyze

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap penyebab permasalahan yang terjadi pada produksi Panel Sandwich EPS menggunakan diagram sebab akibat *ishikawa* dan FMEA. Berdasarkan hasil pengamatan, dibutuhkan waktu untuk perbaikan dan penggantian bahan atau alat yang rusak. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki permasalahan permukaan panel tergores *scratch*, penyok, bergelombang dan permukaan panel terdapat garis-garis yang merupakan masalah cacat yang sering terjadi. Panel yang cacat dipisahkan serta dipilih untuk memenuhi kebutuhan stock produksi pintu. Gambar 3 menunjukkan diagram sebab akibat permasalahan cacat untuk proses *roll pres* pada Panel Sandwich EPS.



Gambar 3. Diagram sebab – akibat *ishikawa* untuk proses *roll pres* Panel Sandwich EPS

d. Tahap Perbaikan (*Improve*)

Setelah diagram Ishikawa selesai dibuat, kemudian dilanjutkan dengan penetapan rencana tindakan perbaikan. Analisis yang digunakan adalah dengan tabel FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mengidentifikasi tindakan perbaikan yang akan dilakukan dalam upaya mencegah atau mengatasi terjadinya *defect*. Dari alternatif-alternatif tindakan perbaikan yang ada, maka dilakukan perankingan yang dijadikan prioritas tindakan perbaikan yang akan dilakukan berdasarkan pada penyebab kegagalannya. Perankingan ini diperoleh dengan

menggunakan FMEA berdasarkan pada nilai yang ada yaitu kerumitan *severity*, probabilitas kejadian *occurance* dan *detectability*. Dengan menggunakan skor 1-10, pada masing-masing faktor untuk setiap masalah potensial. Masalah-masalah yang serius mendapatkan rating lebih tinggi, demikian juga untuk masalah yang sulit dideteksi. Rating resiko keseluruhan diperoleh dengan mengalikan ketiga nilai yaitu kerumitan *saverity*, *probabilitas probability* dan *detektabilitas detectability* secara bersama-sama. Kemudian diperoleh nilai RPN *Risk Priority Number*. Dengan memfokuskan pada masalah-masalah potensial yang memiliki prioritas tertinggi, dimana yang memiliki nilai RPN *Risk Priority Number* terbesar maka dapat dilakukan tindakan-tindakan untuk mengurangi resiko kegagalan *defect*. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3 FMEA untuk proses *roll press* pada Panel Sandwich EPS.

Tabel 3. FMEA untuk proses *roll press* pada Panel Sandwich EPS

<i>Proses Function</i>	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	<i>Sev</i>	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	<i>Occur</i>	Current Process Controls	<i>Defect N.</i>	<i>R.P.</i>	Recommended Action(s)
Roll press	Operator melakukan perawatan berkala dan memastikan proses kerja roll press dengan benar	Fungsi roll press tidak akan maksimal bila tidak dilakukan perawatan secara berkala	6	Operator kurang mengetahui proses perawatan	3	Pengarahan dan pedoman dari foremen	3	54	Pengarahan dan pengarahan operator ditingkatkan
			7	Tidak ada alat bantu	3	Tidak ada	3	63	Pemasangan plastik laminating panel
			8	Beban kerja roll press yang berat dan usia pakai yang cukup lama	4	Pengarahan dari Foreman	3	96	Pelatihan dan pengarahan bagi operator ditingkatkan
	Operator tidak memperhatikan hasil pengepresan pada permukaan panel	Roll press mengeras dan permukaannya tidak rata lagi	7	Operator kurang teliti pada saat melakukan pengecekan	3	Pengawasan dari Foreman	4	84	Peningkatan pengawasan dari foreman
			7	Kondisi fisik operator yang tidak stabil	2	Tidak ada	4	56	Penambahan waktu istirahat
			7	Tidak ada alat bantu	4	Tidak ada	4	112	Perancangan alat bantu
	Pada saat produksi roll press menekan permukaan panel tidak diperhatikan apakah roll press menekan secara merata keseluruhan permukaan	Penyetelan pada tekanan roll press tidak sesuai	6	Operator kurang teliti pada saat penyetelan penekan roll press	4	Pengawasan dari Foreman	4	96	Pengawasan foreman lebih ditingkatkan
			7	Permukaan EPS (Expandable Polystyrene) bergelombang	4	Tidak ada	3	84	Memisahkan permukaan bergelombang pada saat produksi
			6	Kecepatan mesin dan putaran roll press tidak sesuai	3	Tidak ada	4	72	Pengawasan mesin lebih diperketat
			8	Operator kurang terampil	4	Pengarahan dari Foreman	4	128	Pelatihan dan pengarahan bagi operator ditingkatkan

Kondisi roda gigi penghubung roll press kurang diperhatikan	Hasil putaran dari masing-masing roll press tidak sama/seimbang	7	Operator kurang fokus pada pemeriksaan roda gigi roll press	3	Pengarahan dari Foreman	4	84	Mengganti dan membersihkan roll press pelatihan dan pengarahan bagi operator
		8	Umur roda gigi	3	Pengawasan roda gigi roll press	3	72	Pengawasan mesin lebih diperketat

Berdasarkan hasil analisis dengan FMEA, maka prioritas tindakan perbaikan seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Prioritas usulan perbaikan

Prioritas ke-	RPN	Usulan Tindakan Perbaikan
1	128	Pelatihan dan pengarahan bagi operator ditingkatkan
2	112	Perancangan alat bantu
3	96	- Pelatihan dan pengarahan bagi operator ditingkatkan - Peningkatan pengawasan dari foreman
4	84	- Mengganti dan membersihkan roll press - Pelatihan dan pengarahan bagi operator ditingkatkan
5	72	Pengawasan mesin lebih diperketat

Tindakan perbaikan melalui perancangan alat bantu dilakukan dengan memasang alat pelapis berupa plastik roll pelapis (*laminating*) seperti ditunjukkan Gambar 4. Alat pelapis ini berfungsi untuk melindungi dan melapisi permukaan panel secara maksimal. Keuntungan yang diperoleh yaitu bahan plastik mudah didapat, kuat dan memiliki sifat fleksibel (Joseph, 1992; Andersen, 2011). Bila dilakukan proses pengepresan dengan *roll press* permukaan roll tidak bersentuhan langsung dengan panel sehingga seluruh permukaan panel terhindar dari tergores (*scratch*).



Gambar 4. Alat pelapis pelat dengan plastik roll pelapis (*laminating*)

1) Perbaikan dengan pemakaian plastik roll pelapis (*laminating*) pada permukaan panel

Proses penyusunan/penumpukan panel (*packing*) dilakukan untuk mempermudah proses pengiriman panel ke lapangan (*project*) atau konsumen, setiap susunan panel diberi pelindung pada masing-masing lembarnya menggunakan karton pembatas. Tetapi cara ini kurang maksimal karena masih ada saja panel yang tergores (*scratch*). Hal ini terjadi pada saat proses *roll press* atau pada saat penyusunan karena dilakukan secara manual satu persatu. Ide pemberian plastik roll pelapis (*laminating*) berfungsi untuk melindungi secara menyeluruh pada permukaan panel, mencegah terjadinya kerusakan atau kesalahan pada proses produksi *roll press* dan proses penumpukan/penyusunan panel sandwich (Daniel dan Kurt, 1991). Masih banyaknya ditemukan panel yang rusak atau tergores (*scratch*) di lapangan disebabkan proses pemindahan dilakukan secara manual dengan kendala kesulitan, keterbatasan tenaga kerja dan lokasi kerja. serta pada saat pemasangan (*instalasi*). Sehingga fungsi penggunaan plastik pelapis (*laminating*) diperlukan untuk memaksimalkan pelindungi diseluruh permukaan panel.

2) Cara pemasangan dan kerja alat *roll press* pelapis (*Laminating*)

Proses pemasangannya dibuat terpisah dengan dudukan terdiri dari dudukan roll dan batang penghubung untuk mempermudah peletakan plastik gulungan, cara kerja pelapis (*laminating*) panel dengan dijepit langsung oleh *roll press* sehingga secara bersamaan ikut berputar secara otomatis sehingga plastik pelapis (*laminating*) terpasang merata mengikuti kerja *roll press* menekan dan menempel sempurna di permukaan panel (Günter, 1994). Cara ini sangat efektif karena selain melindungi pada saat diproses produksi juga melindungi pada saat perjalanan /proses pengiriman dikarenakan kondisi jalan yang mempengaruhi susunan panel atau pada saat penyusunan panel di dalam kontener sehingga proses penurunan panel di lapangan (*project*) (Luciana, 2011)

3) Hasil percobaan pemasangan plastik roll (*pelapis laminating*)

Dari hasil percobaan dan pengamatan ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a) Pemasangan roll plastik (*pelapis laminating*) sangat mudah dan proses penempelan plastik roll dengan menggabungkan secara bersamaan dengan proses *roll press* waktu mengepress permukaan panel.
- b) Penggunaan roll plastik pelapis (*laminating*) ini selain fungsinya melindungi permukaan lebih aman dan terjamin dibanding dengan tidak menggunakan roll plastik dan hasil penempelan pelapis plastik lebih sempurna.
- c) Selain itu juga mengurangi kerugian dari hasil produksi yang disebabkan karena cacat, tergores (*scratch*) pada permukaan panel .

- d) Melindungi panel pada saat proses naik dan turunkan Panel Sandwich (*loading-unloading*) di lapangan (*project*) yang dilakukan secara manual.

4) Implementasi Perbaikan

Tahap *control* / implementasi merupakan tahap akhir dari siklus DMAIC (*Define Measure Analyze Improve Control*). Pada tahap ini dilakukan pemantauan proses untuk mengetahui apakah perbaikan yang telah dilakukan terjadi peningkatan nilai sigma atau tidak. Hasil produksi Panel Sandwich setelah dilakukan perbaikan dengan pemasangan roll plastik (*pelapis laminating*) melindungi permukaan panel dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah cacat dalam proses panel sandwich setelah dilakukan perbaikan

No	Proses Produksi	Jumlah (Sqm)	Persentase Cacat (%)
1	Bending	98,05	26,55%
2	Perekatan	157,43	42,64%
3	Roll press	25,67	6,95%
4	Pemotongan panel	88,10	23,86%
Jumlah cacat (Sqm)		369,25	100%

Kualitas produksi yang terukur setelah dilakukan implementasi perbaikan berupa perancangan alat bantu proses dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Perbandingan kualitas produksi sebelum dan sesudah perbaikan

Kualitas Produksi	Data Sebelum Perbaikan	Data Sesudah Perbaikan
Jumlah Cacat	654,30 Sqm	369,25 Sqm
Nilai DPMO	6500	3227
Tingkat Sigma	3,98 Sigma	4,22 Sigma

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis, maka dapat diambil kesimpulan Jenis cacat dalam produksi, teridentifikasi lima jenis penyebab cacat dalam proses pengepressan panel, yaitu permukaan panel tergores, penyok pada panel, bergelombang pada permukaan panel, setting kecepatan putaran roll tidak tepat dan serpihan sisa gesekan *roll press*. Sedangkan kualitas produksi meliputi DPMO sebesar 6500 dan level sigma sebesar 3,98. Dan Usulan perbaikan untuk meminimasi cacat pada proses produksi Panel Sandwich adalah dengan Pembuatan alat bantu dengan memasang plastik roll (*laminating*) melapisi dan melindungi permukaan panel. Hasil implementasi yang dilakukan menunjukkan terjadi penurunan cacat pada proses perekatan menjadi sebesar 3227 dan tingkat sigma menjadi 4,22 Sigma. Saran pada penelitian selanjutnya perlunya adanya perbaikan berkelanjutan terutama pada proses produksi Panel Sandwich antara lain perbaikan proses perekatan dan proses bending pelat sehingga level sigma menjadi 6 sigma.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen C. T. (2011). *Keefektifan Styrofoam Sebagai Material Kulit Bangunan Mengisolasi Panas*. Prosiding Seminar Nasional AvoER, Palembang, 3.
- Daniel, K., Kurt, F. C. (1991). *Handbook of Polymeric Foams and Foam Technology*. New York: Hanser Publishers.
- Günter, O. (1994) *Polyurethane Handbook*, 2nd Edition. Hanser Publishers : New York.
- Hidayat, S.Y., Buchari, M.C., Firmanti, A. (1996). Penelitian Panel Sandwich Berinti Busa. *Jurnal Penelitian Pemukiman*, 12(3).

- Joseph, C. F. (1992). *The Development of Plastics Processing Machinery & Methods*. Canada : Jhon Wiley & Sons. Inc.
- Luciana, K. (2011). Studi Reduksi Bunyi pada Material Insulasi Atap Zincalume. *Jurnal of Architecture and Built Environment*, 38 (2), 101-110.
- Pande, P. S., Holpp, L. (2002). *What is Six Sigma*. Mc. Graw-Hill. 2002.
- Putra, R. G. R. B., Susanto, D. (2017). *Prefabricated house in real estate business development in Jabodetabek*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 99, 1-9.
- Rachmadita, N. R. (2009). Peningkatan Kualitas Produk kertas Dengan Menggunakan Pendekatan DMAIC di PT. Kertas Leces. *Tugas Akhir*. Surabaya : Institut Teknologi Surabaya.
- Sari, D. P., Rosada, Z. F., Zaenal. Rahmadhani, N. (2010). *Analisis Membudayakan Standar & Rekayasa Kualitas untuk Memperkuat Daya Saing Industri*, Proceeding Seminar Nasional IV Manajemen & Rekayasa Kualitas, Bandung.
- Vincent, G. (2003). *Total Quality Management*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Vincent, G. (2012). *All in One Management Toolbook*. Bogor : Tri-Al-Bros Publishing.