

Assessment of the Work Posture Risk Level of the Canting Process Batik Maker Based on the Rapid Entire Body Assessment (REBA) Method (Case Study: Batik Tulis Tengah Sawah Pacitan)

Bella Renata Valencia^{1)*}, Rahmaniya Dwi Astuti²⁾, Eko Pujiyanto³⁾

*Department of Industrial Engineering, Engineering Faculty, University of Sebelas Maret
Jln. Ir. Sutami No. 36 A, Surakarta, 57126, Indonesia^{1,2,3)}
E-Mail : bellarenata97@gmail.com^{1)*}, niyah22@gmail.com²⁾, ekopujiyanto@ft.uns.ac.id³⁾*

ABSTRAK

Batik Tulis Tengah Sawah dapat dikenal sebagai salah satu jenis UKM di Pacitan dan masih terkait dengan batik tulis. Dalam pembuatannya, pembatik duduk di kursi pendek (dingklik) dari kayu tanpa sandaran untuk membuat canting. Tungku yang digunakan untuk membantu peleburan malam sangat kecil dan juga tidak memiliki meja untuk menaruhnya dan digunakan oleh 2 pembatik, kemudian mereka duduk miring di depan gawangan, yang menyebabkan mereka duduk sedikit membungkuk. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian mengenai tingkat risiko postur kerja pembatik saat melakukan proses canting. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu mengevaluasi postur kerja pembatik saat melakukan proses canting sehingga dapat dilakukan tindakan korektif untuk mengurangi keluhan muskuloskeletal dan postur membungkuk. Hasil penelitian ini adalah penilaian postur kerja pembatik terhadap tingkat risiko pada seluruh tahapan kegiatan proses canting memiliki skor REBA sebesar 5 yang termasuk dalam tingkat risiko sedang atau sedang dengan tindakan yang perlu dilakukan perbaikan.

Kata kunci: *Rapid Entire Body Assessment, Musculoskeletal Disorders, Postur Kerja*

ABSTRACT

Batik Tulis Tengah Sawah can be known as one type of UKM in Pacitan and is related in hand-written batik. In their production, the batik maker sits on a short chair (dingklik) from wood that has no backrest to make the canting. The stove is used in order to help melting malam is really small and also it had no table in putting it on and used by 2 makers of batik, then it takes them to sit obliquely in front of the gawangan, causing them to sit in a slight bow. So that, it is needed to go through the level if risk level of the work posture from the batik maker when doing the process of canting. The goal of this study is to help evaluating the batik maker's work posture during doing the canting process so that corrective action can be taken to reduce musculoskeletal complaints and bending posture. The result of this research is that the assessment of batik maker's work posture on their risk level in all stages of the canting process activity has a REBA score of 5, which is included in the moderate or medium risk level with actions that need to be corrected.

Keywords: Rapid Entire Body Assessment, Musculoskeletal Disorders, Work Posture

1. Preliminary

Batik Tulis Tengah Sawah can be known as one of the Small and Medium Enterprises (UKM) located in Pacitan and is related to the

handicraft of written batik. This batik craft business is a family business founded by Mr. Budi Raharjo and his wife, Mrs. Toni Retno, based on their interest in learning and making their own handwritten batik. Batik Tulis

Tengah Sawah can produce batik up to 75 pieces of batik every month or depending on the number of orders.

The production process of making written batik occurs a lot at the canting station, including the canting process, the process of giving isen-isen and the process of closing the dyed part with wax. The canting process of making written batik needed quite a long time, approximately \pm 6-8 hours a day. There were 30 batik makers in the canting process. In the process of production, the maker of batik performs the way of canting in sitting position on a short wooden chair (dingklik) without any back support. The batik maker performs the canting process by sitting obliquely facing the cloth which is placed on a stretch of wood called gawangan. The height of the short chair (dingklik) is \pm 25 cm while the gawangan used to lay the cloth has a height of \pm 88 cm. The stove is used in order to help melting malam / candle is known small, no table is needed to put it on, and also 2 makers of batik used it, so it makes them to sit at one side across the gawangan because they have to share the stove with other batik maker. During the canting process, the batik maker is sitting with a slight bow, the right hand is used to hold the canting tool to rub the wax on the cloth and the left hand is used to hold the bottom of the cloth which is used as a support. In Lindawati & Mulyono's (2018) research, it is stated that in general the dingklik and gawangan designs used for batik makers are currently made without considering the worker's body posture and ergonomic rules. So that these conditions can cause the batik maker to be in unnatural worker attitude and have the potential that cause discomfort during work.

Complaints musculoskeletal are complaints that occur in parts of the muscles and skeleton characterized by mild pain to severe or acute pain (Arifin & Suryoputro, 2019). Musculoskeletal complaints can affect workers health and productivity. In general,

this complaint occurs because of an inappropriate work posture, excessive activity, repetitive movements and an inadequate workplace. Posture is an important consideration in designing work and workplace methods because it can affect the ability of workers to do their jobs without any adverse health effects such as discomfort during working, fatigue and complaints of musculoskeletal disorder (Lop, Salleh, Zin, & Saidin, 2019). Physical activity carried out in a non-ergonomic workplace can cause muscle and joint injuries or disorders. Moreover, work which is influenced more by mental stuffs can also give the potential to make musculoskeletal complaints (Sutapa, Sutapa, & Susila, 2017).

This research was done to help evaluating the posture of work from the batik makers when performing the canting process so that corrective action can be taken to reduce musculoskeletal complaints and bowing posture. The contribution of this research that it can be used as input for business owners of Batik Tulis Tengah Sawah business to improve and evaluate the work posture of batik maker when doing the canting process, increasing readers knowledge, and developing science.

2. Methodology

Assessment of batik maker work posture risk level applying the Rapid Entire Body Assessment (REBA). As we known that term of REBA itself can be applied in order to detect the risk's work postures so that preventive steps can be taken by making immediate repairs. Assessment of work posture using this method, by giving the risk score between 1 to 15, the highest score indicates the level that causes a large risk (danger) to be carried out in the work process. This means that the lowest score will guarantee the work under study is free from ergonomic hazards.

In Lindawati & Mulyono's (2018) research, the assessment of the working posture of batik maker using the REBA method is known that the right working posture is in the medium category at 86.67% and also the left posture of working is in the medium category at 80.00% so corrective action is needed. The cause of the work posture of batik maker is not ergonomic because the chair used is a short chair or "dingklik" which does not have a backrest so that the working posture of batik maker will tend to bend. These working conditions cause the batik maker to be in a non-ergonomic working attitude which has the potential to cause work discomfort.

Assessment through the method of REBA which was revealed by Dr. Sue Hignett and Dr. Lynn McAtamney is described using these following stages (McAtamney & Hignett, 2000) :

Stage 1 :

Collecting work posture data using the help of photos or videos.

Stage 2 :

Identification of the viewpoint the worker's body part. The segments of body itself then are classified into 2 groups, called as group A and also group B. Group A takes the neck, back (torso), and also legs. While group B is the part of lower arms, upper arms, and also wrists. The score according to the data's viewpoint of the segments of body of every group can be known, then the score is used to get the table A score based on table A and also the table B score based on table B.

Stage 3 :

Determination of the object weight to be coupling, lifted, and also the activities of the worker. Apart from giving a score for each segment of body, other factors needed to be included are the load coupling, weight, and the activities of those workers.

Stage 4 :

The value calculation of REBA for the work posture to be concerned. As it is obtaining the

score that comes from the REBA's A table then the score for the load lifted of weight is added to obtain the value of section A. While the scores from the REBA's B table are added to the scores from the table of coupling so that obtained the section B value. From the values of parts A and B can be used to obtain the value of section C based on the REBA's C table. The REBA's value is coming from the section C sum value with the worker activity's value. According to the value of REBA, it is revealed that the risk level and actions should be done in order to help reducing risk and also improving methods of work.

3. Results and Discussion

The steps taken before assessing the risk level of work posture using REBA are draw out the workers' viewpoint of the batik maker work posture first as shown in Figure 1. Drawing out the worker's viewpoint was performed using CorelDRAW X7 software. The first step is to draw a line 180° right at the center of the body of the batik maker, usually in the hip area. The second is to draw a straight line from the hips to the neck, which is the angle or part of the trunk, then draw a line from the end of the neck towards the movement of the head which is the angle or part of the neck. The third is to draw a line from the hips to the knees, then draw another line from the knees towards the ankles where the legs are angled. The fourth is to draw a line from the base of the arm towards the elbow which is the angle or part of the upper arm, then draw another line from the elbow towards the wrist which is the angle or part of the lower arm, and draw the corner or part back from the wrist towards the top of the finger which is the angle or part of the wrist.



Figure 1. Withdrawal of the Working Posture of the Batik Maker When Scratching the Canting on the Fabric

For body part A's postures include Neck, Trunk, and Legs. In addition, in the body A is also identified about Force / Load. Whereas for body part B's posture includes Upper arm, Lower Arm, and Wrist and identified about Coupling. The Table 1 below shows a recapitulation table of the posture scores of body parts A and B when scratching the canting on the fabric.

Table 1. Recapitulation of Posture Score Batik Maker When Scratching the Canting of the Fabric

| | Description | Standpoint | Score |
|---|--------------------|------------|-------|
| A | Neck Score | 26.70° | 2 |
| | Trunk Score | 35.34° | 3 |
| | Leg Score | 70.74° | 2 |
| | Force / Load Score | - | 0 |
| B | Upper Arm Score | 41.35° | 2 |
| | Lower Arm Score | 30.51° | 2 |
| | Wrist Score | 27.44° | 2 |
| | Coupling Score | - | 0 |

Table 2. Table A's Score

| Table A | Neck | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|--------------------|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | |
| Legs | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Trunk Posture Score | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
| | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | 4 | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |
| Posture Score A | | Force / Load Score | | | | | | Score A | | | | | |
| 5 | | 0 | | | | | | 5 | | | | | |

From the recapitulation of the posture of score A and identification of the force / load score of the batik maker when scratching the canting on the fabric, then an assessment is made for the score A. Table 2 shows the result of score A, that is 5.

Likewise, for the recapitulation of score B and identification of the batik maker coupling when scratching the canting on the fabric, an assessment was also carried out for score B. Table 3 shows the result of score B, that is 3.

Table 3. Table B's Score

| Table B | Lower Arm | | | | | | |
|-----------------|-----------|----------------|---|---------|---|---|---|
| | Wrist | 1 | | | 2 | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Upper Arm Score | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| Posture Score B | | Coupling Score | | Score B | | | |
| 3 | | 0 | | 3 | | | |

Then from the results of the score A and also the score B is an assessment of the score C. The result of the score C is 4. After that, the identification of the Score of Activity is +1 in repeating the small action range (up to 4x per minute) because the activity of scratching the canting on the fabric is done by the batik maker. This is a small action that is done repeatedly because you have to repeatedly fill the canting with wax. The final step is to add the C score with the Activity Score so that the REBA's score is obtained.

The REBA's score for the batik maker when scratching the canting on the fabric is 5. Table 4 shows the REBA's score of the batik maker when scratching the canting on the fabric.

The REBA's score of the batik maker when scratching the canting on the fabric is 5 which means it is included in the score 4-7. This means that a score of 5 has a moderate or medium risk level and needs should improve.

Table 4. REBA's Score Table for Batik Maker When Scratching the Canting on the Fabric

| Score A | Table C | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|
| | Score B | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Table C Score | Activity Score | | | | | | REBA Score | | | | | |
| 4 | 1 | | | | | | 5 | | | | | |

The process of canting written batik results in several stages of activity as shown in Figure 2. The activity stages include setting up the stove to melt the wax, filling the canting utensil with wax, and scratching the canting containing wax on the cloth. An assessment of the level of risk of the posture of work of batik maker using REBA was also carried out at the activity stage of setting up the stove to melt the wax.



Figure 2. Withdrawal of the Working Posture of the Batik Maker When Setting Up the Stove for Melting the Wax

Table 5 shows the recapitulation table posture score body parts A and B batik maker when setting up the stove to melt the wax.

Table 5. Recapitulation of Posture Score Batik Maker When Setting Up the Stove for Melting the Wax

| | Description | Standpoint | Score |
|---|--------------------|------------|-------|
| A | Neck Score | 30.99° | 2 |
| | Trunk Score | 22.08° | 3 |
| | Leg Score | 71.28° | 2 |
| | Force / Load Score | - | 0 |
| B | Upper Arm Score | 41.71° | 2 |
| | Lower Arm Score | 23.20° | 2 |
| | Wrist Score | 30.93° | 2 |
| | Coupling Score | - | 0 |

From the recapitulation of the posture score A and identification of the force /load score of the batik maker when setting up the stove for melting the wax then an assessment is made for the score A. Table 6 shows the result of the score A, that is 5.

Table 6. Table A's Score

| Table A | Neck | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|--------------------|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| | Legs | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Trunk Posture Score | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
| | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | 4 | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |
| Posture Score A | | Force / Load Score | | | | Score A | | | | | | | |
| 5 | | 0 | | | | 5 | | | | | | | |

Likewise, for the recapitulation of score B and identification of the batik maker coupling when setting up the stove for melting the wax, an assessment was also carried out for score B. Table 7 shows the result of score B, that is 3.

Table 7. Table B's Score

| Table B | Lower Arm | | | | | | |
|-----------------|-----------|----------------|---|---------|---|---|---|
| | Wrist | 1 | | | 2 | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Upper Arm Score | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| Posture Score B | | Coupling Score | | Score B | | | |
| 3 | | 0 | | 3 | | | |

Then from the results of the score A and also B is an assessment of the score C. The result of the score C is 4. After that, the identification of the Activity Score is known +1 in repeating small actions *range* (up to 4x per minute). The final step is to add the results of the score C with Activity Score so that the results obtained REBA's score.

The results of the REBA's score batik maker when doing setting up the stove for melting the wax is 5. Table 8 shows the results of the score REBA batik maker when doing setting up the stove for melting the wax.

Table 8. REBA's Score Table for Batik Maker When Setting Up the Stove for Melting the Wax

| Score A | Table C | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | Score B | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Table C Score | Activity Score | | | REBA Score | | | | | | | | |
| 4 | 1 | | | 5 | | | | | | | | |

The REBA's score of the batik maker when setting up the stove for melt the wax is 5 which means it is included in the score 4-7. This means that a score of 5 has a moderate or medium risk level and also needs should get improved.

The following is an assessment of the work posture's risk level of those batik maker using REBA at the activity stage of filling the canting tools with the wax as shown in Figure 3.



Figure 3. Withdrawal of the Working Posture of the Batik Maker When Filling the Canting Tool with the Wax

Table 9 shows a recapitulation table of the posture scores of the body parts A and B of the batik maker when filling the canting tool with the wax.

Table 9. Recapitulation of Posture Score Batik Maker When Filling the Canting Tool with the Wax

| | Description | Standpoint | Score |
|---|--------------------|------------|-------|
| A | Neck Score | 25.91° | 2 |
| | Trunk Score | 22.37° | 3 |
| | Leg Score | 89.70° | 2 |
| | Force / Load Score | - | 0 |
| B | Upper Arm Score | 37.15° | 2 |
| | Lower Arm Score | 129.53° | 2 |
| | Wrist Score | 37.53° | 2 |
| | Coupling Score | - | 0 |

From the recapitulation of the score A posture and identification of the force/load score of the batik maker when filling the canting tool with the wax then an assessment is made for the score A. Table 10 shows the result of the score A, that is 5.

Table 10. Table A's Score

| Table A | Neck | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|--------------------|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | | |
| Trunk Posture Score | Leg | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 6 |
| | | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | 4 | 3 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| | 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 | |
| Posture Score A | | Force / Load Score | | | | | | Score A | | | | | | |
| 5 | | 0 | | | | | | 5 | | | | | | |

Likewise, for the recapitulation of score B and identification of the batik maker coupling when filling the canting tool with the wax, an assessment was also carried out for score B. Table 11 shows the result of score B, which is 3.

Table 11. Table B's Score

| Table B | Lower Arm | | | | | | |
|-----------------|-----------|----------------|---|---|---------|---|---|
| | Wrist | 1 | | | 2 | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Upper Arm Score | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| Posture Score B | | Coupling Score | | | Score B | | |
| 3 | | 0 | | | 3 | | |

Then from the results of the score A and also B is an assessment of the score C. The result of the score C is 4. After that, the identification of the Score of Activity is +1 in repeating of small actions range (above 4x per minute). The final step is to do the results of the score C sum with the Score of Activity so the REBA's score is obtained. The REBA's score of the batik maker when filling the canting tool with the wax is 5. Table 12 shows the REBA's score of the batik maker when filling the canting tool with the wax.

Table 12. REBA's Score Table for Batik Maker When Filling the Canting Tool with the Wax

| Score A | Table C | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|
| | Score B | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Table C Score | Activity Score | | | | | | REBA Score | | | | | |
| 4 | 1 | | | | | | 5 | | | | | |

The REBA's score of the batik maker when filling the canting tool with the wax is 5 which means it is included in the score 4-7. This means that a score of 5 has a moderate or medium risk level and should get improved.

Whereas in the Table 13 below shows a recapitulation of the results that was done.

Table 13. Recapitulation REBA's Score of All Stage Work Activities of the Canting Process

| Process | Stage | Work Activity | REBA Score | Risk Level | Preventive Measure |
|---------|-------|--|------------|------------|----------------------|
| Canting | 1 | Setting up the stove for melting the wax | 5 | Medium | Needs to be improved |
| | 2 | Filling the canting tool with the wax | 5 | Medium | Needs to be improved |
| | 3 | Scratching the canting on the fabric | 5 | Medium | Needs to be improved |

4. Conclusion

According to the outcomes of research, it is known that the results of the risk level assessment of all stages of the canting process activity have a REBA's score of 5. This means that all stages of the canting process activities including the level of risk are medium with action that needs to be improved. The improvement proposal given to the company is to improve the work facility of the canting process so that it can reduce musculoskeletal complaints and bending posture on batik maker.

From the assessment outcomes of working posture of batik maker using the REBA method, it is then taken into consideration in making improvements by making a proposed design of work facilities including batik chairs, stove tables and barriers by taking into account the anthropometric size of the batik maker's body so that it can minimize the bent work posture experienced by batik maker. Then the results of the proposed work facility design that have been made will be applied to Batik Tulis Tengah Sawah and an assessment of the working posture of batik maker using REBA is carried out after repairs are made.

Bibliography

- Arifin, R., & Suryoputro, M. R. (2019). Perancangan Stasiun Kerja Pebatik Canting dengan Pendekatan Ergonomi Partsipatori(Studi Kasus: Batik Putra Laweyan). *TALENTA Conference Series: Energy & Engineering*, 450-456.
- Lindawati, & Mulyono. (2018). Evaluasi Postur Kerja Pengrajin Batik Tulis Aleyya Batik Di Yogyakarta. *e-journal.unair.ac.id*, 131-143.
- Lop, N. S., Salleh, N. M., Zain, F. M., & Saidin, M. T. (2019). Ergonomic Risk Factors (ERF) and their Association with Musculoskeletal Disorders (MSDs) among Malaysian Construction Trade Workers: Concreters. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 1269-1282.
- McAtamney, L., & Hignett, S. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 201-205.
- Sutapa, I. K., Sutapa, I. N., & Susila, I. N. (2017). Implementation of Active Rest in Participatory Ergonomics Decrease Workload and Women Musculoskeletal Complaints of Parking in Mall Ramayana Denpasar. *International Journal of Life Sciences*, 48-54.

Pendekatan *Lean Manufacturing* Untuk Meminimasi Waste Produksi UMKM Swadi Cipta Karya

Rizqi Wahyudi^{1)*}, Andhyka Tyaz Nugraha²⁾, Khoirul Anam³⁾

*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera
Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Lampung Selatan, 35365, Indonesia^{1),2),3)}
E-Mail : rizky.wahyudi@ti.itera.ac.id^{1)*}, andhyka.nugraha@ti.itera.ac.id²⁾,
khoirul.118190122@student.itera.ac.id³⁾*

ABSTRAK

Waste merupakan masalah dalam setiap produksi yang kondisinya harus diminimasi karena *waste* sangat mempengaruhi produktivitas dalam suatu industri. Penelitian dilakukan di UMKM Swadi Cipta Karya dengan bidang usaha konveksi yang menghasilkan produk utama adalah tas pancing. Tujuan utama dari penelitian adalah meminimasi *waste* pada produksi tas pancing. Penelitian yang dilakukan menggunakan pendekatan *lean manufacturing* yang dilakukan menggunakan beberapa tahapan analisis seperti *waste failure mode effect analysis* (WFMEA), *value stream mapping* (VSM), *fishbone diagram*, *value stream analysis tools* (VALSAT) dan *kaizen*. Data penelitian diperoleh dengan cara pengamatan langsung dengan mengidentifikasi dan mengukur waktu yang terjadi pada aktivitas yang dilakukan dalam produksi tas pancing. Hasil analisis menggunakan WFMEA menyimpulkan terdapat jenis pemborosan utama pada proses produksi yaitu *transportation*, *unnecessary motion*, dan *waiting*. Analisis pemilihan tools menggunakan VALSAT menyimpulkan bahwa PAM terpilih untuk digunakan dalam mengeliminasi pemborosan, aktivitas yang harus diminimasi lebih dominan dibandingkan dengan aktivitas yang harus dihilangkan (eliminasi). Hasil tersebut juga memberikan rancangan tata letak yang bisa diterapkan oleh UMKM. Analisis menggunakan Kaizen menyimpulkan bahwa hasil 5S merancang tata letak dengan baik, menyusun bahan, melakukan pelatihan, menyiapkan bahan, dan meletakkan hasil jahitan ke keranjang untuk meminimasi atau mengeliminasi pemborosan.

Kata kunci: Pemborosan, *Lean Manufacture*, Minimasi, Eliminasi

ABSTRACT

Waste is an issue in every production that must be minimized because waste greatly affects productivity in an industry. The research was conducted at UMKM Swadi Cipta Karya, which operates in the garment sector and whose main product is fishing bags. The main objective of the research is to minimize waste in the production of fishing bags. The research conducted uses a lean manufacturing approach, carried out through several analysis stages such as waste failure mode effect analysis (WFMEA), value stream mapping (VSM), fishbone diagram, value stream analysis tools (VALSAT), and kaizen. Research data were obtained through direct observation by identifying and measuring the time taken for activities carried out in the production of fishing bags. The results of the analysis using WFMEA concluded that there are major types of waste in the production process, namely transportation, unnecessary motion, and waiting. The tool selection analysis using VALSAT concluded that PAM was chosen to eliminate waste, with activities that need to be minimized being more dominant than those that need to be eliminated. (eliminasi). The results also provide a layout design that can be applied by SMEs. The analysis using Kaizen concludes that the 5S results in a well-designed layout, organizing materials, conducting training, preparing materials, and placing finished products into baskets to minimize or eliminate waste.

Keywords: Waste, Lean Manufacture, Minimization, Elimination

1. Pendahuluan

Ketatnya persaingan sebuah usaha membuat perusahaan harus tetap mampu bersaing dengan perusahaan sejenis dan baru sehingga perusahaan selalu berusaha meningkatkan produktivitas kualitas dan juga meningkatkan efisiensinya (Zulfikar & Rachman, 2020). Diharapkan usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) akan menjadi penggerak ekonomi Indonesia untuk menghadapi ekonomi global yang tidak stabil (Azzahra & Wibawa, 2021). Proses produksi yang dilakukan tanpa adanya perencanaan tata letak dan fasilitas yang baik akan menimbulkan pemborosan melalui aktifitas *material handling* pada kegiatan proses produksinya (Wahyudi et al., 2024). Dalam industri konveksi yang sangat bersaing, bisnis harus melakukan inovasi untuk mendapatkan dan mengelola sumber daya mereka agar dapat mencapai tujuan mereka (Amdani & Trisnawati, 2021). Untuk mencapai produktivitas proses produksi, maka perusahaan harus mengetahui aktivitas mana yang memungkinkan peningkatan *value added*, pengurangan aktifitas yang tidak perlu dan pemangkasan waktu kerja (Kholil & Mulya, 2014).

Salah satu UMKM yang bergerak di bidang industri konveksi adalah UMKM Swadi Cipta Karya, yang memproduksi antara 200 hingga 300 unit tas pancing setiap hari dan pada UMKM ini juga memproduksi tas gitar dan tas raket tetapi tidak dibuat setiap hari, produk tersebut hanya dibuat saat ada pesanan atau permintaan dari pelanggan. UMKM ini menggunakan proses produksi konvensional, dengan pekerja bekerja mulai dari bahan baku hingga produk selesai.

Pada sebuah industri, proses produksi yang dikerjakan dengan cara konvensional akan lebih lama dalam proses produksinya jika dibandingkan pada proses produksi yang dikerjakan secara modern, sehingga akan membutuhkan *cycle time* lebih panjang dalam pengerjaan yang diakibatkan adanya pemborosan (Nugraha et al., 2022). *Waste* sendiri dapat diartikan sebagai kegiatan dalam proses produksi yang tidak menghasilkan nilai

tambah sehingga harus dieliminasi (Rivaldi & Prapti, 2019). Pemborosan juga diartikan sebagai sesuatu yang tidak memberikan nilai tambah pada produk (Puspitasari et al., 2023). Pada kenyataannya, rantai produksi ditemukan banyak permasalahan jenis pemborosan yang mengakibatkan kerugian biaya, tidak maksimalnya jumlah produksi dan juga mempengaruhi efisiensi waktu produksi (Hidayah et al., 2020). Dalam proses produksi tas pancing UMKM Swadi Cipta Karya, ada kemungkinan besar pemborosan. Potensi pemborosan ini harus diminimalkan agar proses yang dilakukan menjadi lebih efisien dan dapat mengurangi waktu siklus produksi.

Karena pemborosan dapat mempengaruhi produk yang dihasilkan oleh perusahaan, pemborosan menjadi tolak ukur produktivitas perusahaan (Al Faritsy & Suseno, 2015). Dianggap mampu mengatasi masalah yang ada di UMKM Swadi Cipta Karya, pendekatan *lean manufacturing* bertujuan untuk menghasilkan kualitas tinggi, biaya minimum, dan pengiriman tepat waktu dengan mengurangi aliran produksi dengan menghilangkan pemborosan (Mayatra et al., 2015). *Lean manufacturing* dapat diartikan sebagai pendekatan yang bisa digunakan untuk menghilangkan pemborosan pada rantai produksi yang menimbulkan terjadinya ketidak tercapainya target produksi sehingga harus dieliminasi (Moengin & Ayunda, 2021).

Penelitian ini akan menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM), sebagai salah satu alat yang dapat diterapkan pada pendekatan *lean*, untuk mengumpulkan data menyeluruh tentang proses bisnis serta membantu dalam menemukan aktivitas yang menunjukkan pemborosan (Armyanto et al., 2020). *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT) digunakan pada penelitian ini dalam proses analisis pemborosan di UMKM ini, dengan tujuan agar memperoleh *tools* yang tepat untuk pemborosan bisa dieliminasi.

Penelitian oleh Fauzia, et al (2018), dilakukan pada PT. Buana Intan Gemilang, produsen kain hitam. Penelitian ini

menemukan bahwa dari perusahaan yang bergerak dalam industri tekstil ini, hanya 74% telah mencapai target produksi mereka. Ini menunjukkan bahwa *waste* jenis transportasi dan gerakan yang tidak dibutuhkan mengurangi efektivitas proses produksi kain (Fauzia et al., 2018). Penelitian oleh Ma'ruf & Dahdah (2021), menunjukkan jenis pemborosan yang dieliminasi adalah *defect*, pengolahan yang berlebihan, dan menunggu dengan nilai *waste priority number* (WPN) sebesar 1.344, 779,3, dan 553,8. Dalam penelitian ini, VALSAT memiliki 3 *tools* yang dapat digunakan dalam upaya meminimasi pemborosan, yaitu PAM, SCRUM, dan QFM (Ma'ruf & Dahdah, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Ananda dan Sutopo (2019) pada PT XYZ, dengan menggunakan metode VSM terdapat 4 *waste* yang menjadi penghambat efisiensi produksi baja *slab* yaitu *defect*, *overproduction*, *waiting* dan *unnecessary motion* dengan metode pendukung menggunakan FMEA dan 5W+1H (Ananda & Sutopo, 2020). Penelitian lainnya yang dilakukan Ningrum, et al (2022) pada PT ABC yaitu meminimasi *waste* pada proses produksi Bracket B6H-F194X-00 menggunakan *lean manufacturing* teridentifikasi *waste* yang menghambat proses produksi yaitu *defect*, *transportation*, *overproduction*, *waiting* dan *unnecessary motion* dan hasil perbaikan kemudian digambarkan menggunakan PAM serta dipetakan melalui *Future State Mapping* dan diperoleh bahwa total produksi menjadi 1103 pcs/hari dan target produksi tercapai (Ningrum et al., 2022).

Dan juga penelitian yang dilakukan Kevin, et al (2023) pada UKM Garmen X dengan pendekatan VSM didapatkan bahwa 3 *waste* terbesar terjadi pada *motion*, *defect* dan *waiting* dan dianalisis menggunakan *fishbone diagram* dan 5W analysis dilakukanlah perbaikan dengan penerapan 5S, SOP, pembuatan instruksi *setting* mesin dan pemeriksaan dadakan yang menghasilkan peningkatan *process efficiency* sebesar 13.14% (Kevin et al., 2023). Pada penelitian lainnya yang dilakukan Ismail, et al (2020)

pada pabrik PT XYZ divisi produksi kantong semen, minimasi *waste* menggunakan VALSAT dan didapatkan hasil bahwa *waste* yang paling dominan adalah cacat, menunggu, inventaris dan transportasi berlebih dan dari penelitian yang dilakukan berhasil menurunkan waktu dari 2539 menit menjadi 2419 menit (Ismail et al., 2020).

Berdasarkan permasalahan pada proses produksi yaitu jahit dan *packing* yang merupakan aktivitas yang menyebabkan pemborosan, maka perlu dilakukan penelitian dengan tujuan agar menghasilkan proses produksi yang optimal dari pembuatan tas pancing. Meminimasi pemborosan pada proses produksi tas pancing menjadi tujuan utama agar dapat meningkatkan produktivitas dari UMKM tersebut. Rancangan usulan perbaikan atau rekomendasi yang diberikan diharapkan dapat menyelesaikan masalah pemborosan pada UMKM.

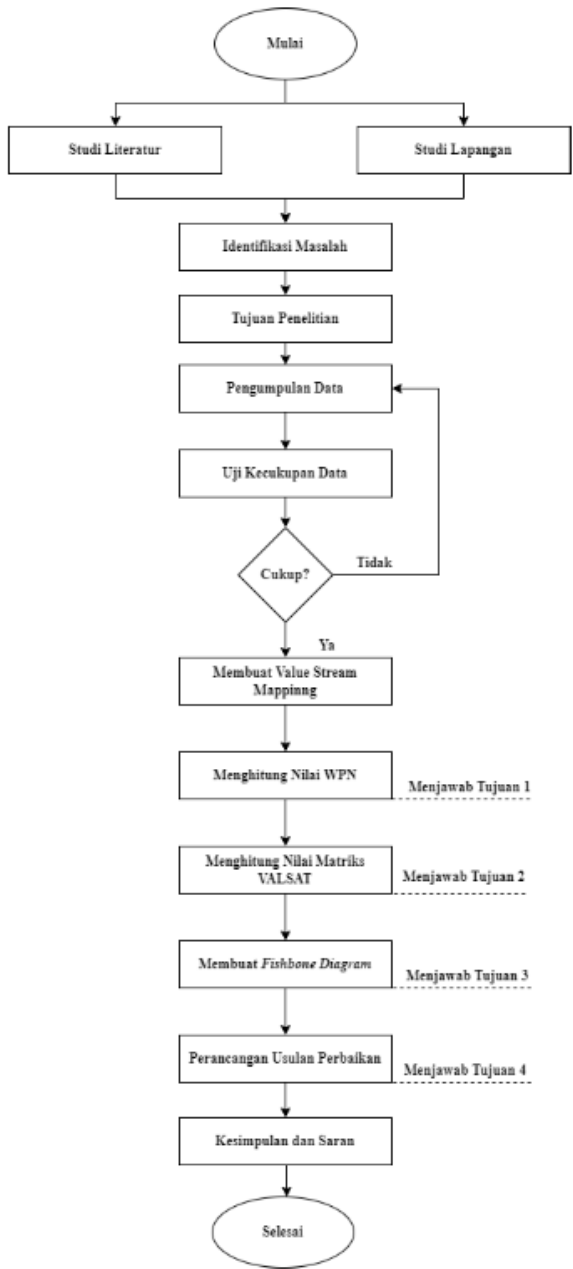
2. Metodologi

Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian ini. Penulis akan menggunakan data primer dan sekunder untuk menjawab tujuan penelitian ini. Waktu, aktivitas, dan kuesioner yang berkaitan dengan proses produksi di UKM ini akan digunakan sebagai data primer penelitian, dan artikel ilmiah yang berkaitan dengan topik penelitian akan digunakan sebagai data sekunder. Selanjutnya, data yang dikumpulkan akan dianalisis untuk menjawab tujuan penelitian.

Dalam penelitian ini, beberapa *tools lean manufacturing* digunakan untuk memetakan seluruh proses dan menemukan pemborosan dalam proses produksi tas pancing. Setiap alat yang digunakan memiliki tujuan yang berbeda untuk menganalisis masalah.

Uji kecukupan data akan dilakukan pada data yang telah dikumpulkan untuk mengetahui apakah data cukup untuk memenuhi kebutuhan penelitian. Uji ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$N = \left[\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \right]^2 \quad (1)$$



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Tahap pertama yang dilakukan adalah dengan menggunakan VSM untuk memetakan seluruh operasi proses produksi. Setelah pemetaan selesai, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan WFMEA untuk menentukan jenis pemborosan mana yang harus dieliminasi dengan memperhatikan nilai WPN. Nilai WPN yang

dihasilkan akan digunakan pada tahapan ini sebagai alat yang dipilih dalam eliminasi pemborosan. Tahapan dalam menentukan alat yang dipilih akan dilakukan dengan menggunakan matriks VALSAT, dari matriks tersebut akan terpilih alat yang cocok untuk digunakan. Adapun 7 tools yang terdapat pada VALSAT yang mampu digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan dan memberikan rekomendasi untuk mengurangi pemborosan, yaitu *demand amplification mapping* (DAM), *supply chain response matrix* (SCRM), *production variety funnel* (PVF), *process activity mapping* (PAM), *quality filter mapping* (QFM), *decision point analysis* (DPA), dan *physical structure* (PS) (Hines & Rich, 1997).

Tahapan selanjutnya adalah dengan melakukan identifikasi akar permasalahan dari jenis pemborosan yang terjadi. Pada tahapan ini menggunakan *fishbone diagram* yang akan menjawab tujuan penelitian ketiga. Tahapan pengolahan data yang terakhir adalah merancang usulan perbaikan atau rekomendasi untuk mengeliminasi pemborosan yang telah diidentifikasi sebelumnya. Usulan perbaikan atau rekomendasi akan dilakukan dengan *Kaizen* yaitu memberikan standardisasi pada proses produksi.

3. Hasil dan Pembahasan

Proses produksi pada UMKM Swadi Cipta Karya ini dilakukan secara konvensional, dengan satu operator mengerjakan operasi dari awal hingga selesai. Pengerjaan produk tidak dikelompokkan menjadi stasiun kerja, sehingga data aktivitas pada Tabel 1 berupa seluruh aktivitas produksi yang terjadi di UMKM Swadi Cipta Karya.

Tabel 1. Data Aktivitas Proses Produksi Tas Pancing

| Proses | Aktivitas | Kode |
|--------|---|------|
| Jahit | Mengambil bahan untuk bagian punggung tas | A1 |
| | Menjahit sisi bahan | A2 |
| | Mengambil resleting | A3 |

| Proses | Aktivitas | Kode |
|--------|--|------|
| | Mengukur Panjang Resleting | A4 |
| | Memotong Resleting | A5 |
| | Menjahit resleting dengan bahan punggung tas | A6 |
| | Meletakkan bahan yang sudah disatukan dengan resleting | A7 |
| | Mengambil tali tas | A8 |
| | Mengukur panjang tali tas | A9 |
| | Memotong tali tas | A10 |
| | Mengambil ring tali tas | A11 |
| | Mengambil bahan untuk kepala tas | A12 |
| | Membawa bahan-bahan ke meja mesin jahit | A13 |
| | Menjahit sisi bahan untuk kepala tas | A14 |
| | Memasang ring roll pada tali tas | A15 |
| | Menjahit ujung tali tas | A16 |
| | Memasang tali pegangan pada bahan untuk punggung tas | A17 |
| | Mengambil bahan untuk bagian badan tas | A18 |
| | Mengambil bahan untuk bagian bawah tas | A19 |
| | Menjahit bagian badan dengan bawah tas | A20 |
| | Menjahit ujung ring untuk tali tas di bagian badan tas | A21 |
| | Menjahit bagian badan dengan atas tas | A22 |
| | Menjahit tali ujung tas | A23 |
| | Mengambil kepala resleting | A24 |
| | Memasang kepala resleting ke bagian samping tas | A25 |
| | Memasang kepala resleting ke bagian kantong tas | A26 |
| | Mengambil tali rotan | A27 |
| | Mengambil bahan pelapis tali rotan | A28 |
| | Mengganti sepatu mesin jahit | A29 |
| | Menjahit tali rotan ke bagian punggung tas | A30 |
| | Menjahit tali rotan ke bagian kantong tas | A31 |
| | Menjahit tali rotan ke bagian kepala tas | A32 |
| | Mengganti sepatu jahit | A33 |
| | Memasang resleting ke kantong tas | A34 |
| | Mengganti sepatu mesin jahit | A35 |
| | Mengambil bagian badan tas | A36 |
| | Memasang kantong ke bagian badan tas | A37 |
| | Mengganti sepatu mesin jahit | A38 |
| | Mengambil bagian badan dan punggung tas | A39 |
| | Menyatukan bagian badan dengan | A40 |

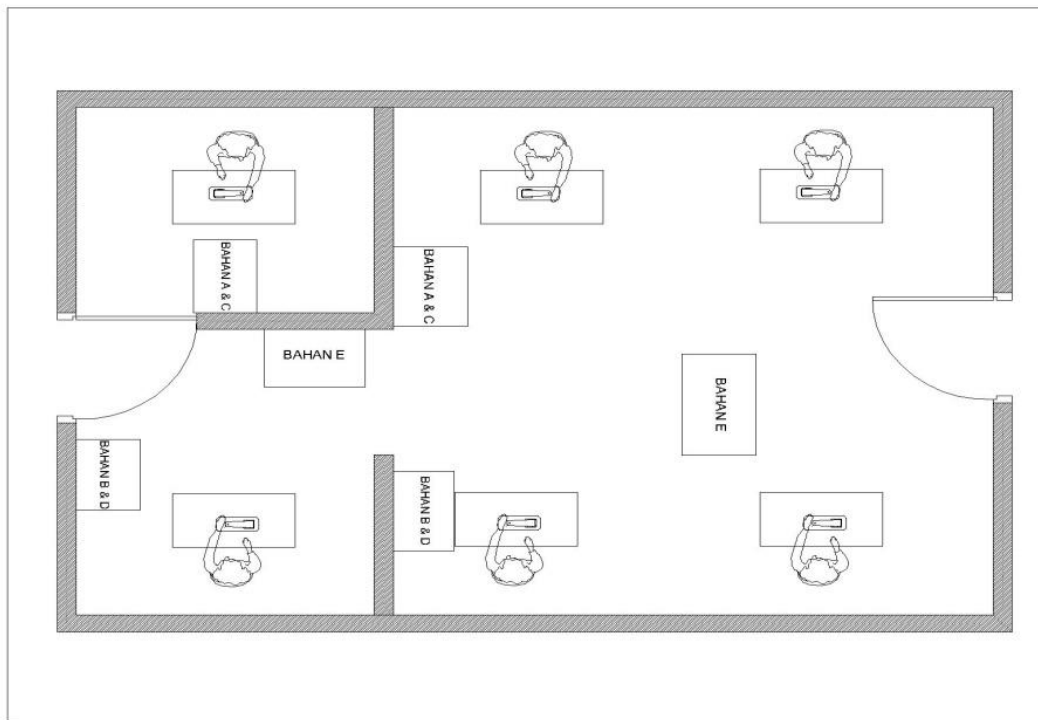
| Proses | Aktivitas | Kode |
|---------|---------------------------------------|------|
| | punggung tas | |
| | Menutup bagian atas dengan kepala tas | A41 |
| | Merapikan hasil jahitan | A42 |
| | Mengambil Tas | B1 |
| | Melipat Tas | B2 |
| | Melapisi tas dengan plastic | B3 |
| | Mengambil kertas keterangan orderan | B4 |
| Packing | Menempelkan kertas keterangan orderan | B5 |
| | Mengambil selotip | B6 |
| | Merekatkan plastik dengan selotip | B7 |
| | Meletakkan tas yang sudah di packing | B8 |

Proses pengumpulan data waktu produksi dilakukan secara langsung menggunakan alat bantu *stopwatch*. Pengukuran dilakukan sebanyak 30 kali untuk setiap total waktu proses produksi. Data waktu produksi yang telah dikumpulkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Waktu Produksi Tas Pancing per Unit

| Pengamatan | Waktu (detik) | Pengamatan | Waktu (detik) |
|------------|---------------|------------|---------------|
| 1 | 765,99 | 16 | 765,73 |
| 2 | 774,07 | 17 | 778,99 |
| 3 | 773,13 | 18 | 771,42 |
| 4 | 775,23 | 19 | 772,56 |
| 5 | 772,68 | 20 | 779,31 |
| 6 | 775,00 | 21 | 773,25 |
| 7 | 776,51 | 22 | 772,77 |
| 8 | 771,14 | 23 | 770,36 |
| 9 | 778,43 | 24 | 772,49 |
| 10 | 774,36 | 25 | 777,34 |
| 11 | 766,75 | 26 | 776,40 |
| 12 | 772,45 | 27 | 771,87 |
| 13 | 779,02 | 28 | 772,95 |
| 14 | 770,94 | 29 | 777,05 |
| 15 | 775,20 | 30 | 769,99 |

Area produksi memiliki *layout* yang kurang baik, karena meletakkan bahan dengan letak yang tidak beraturan. Peletakkan tidak beraturan tersebut akan mengganggu berjalannya produksi tas pancing. *Layout* area produksi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi *Layout Area Produksi*

Merancang *Current Value Stream Mapping*

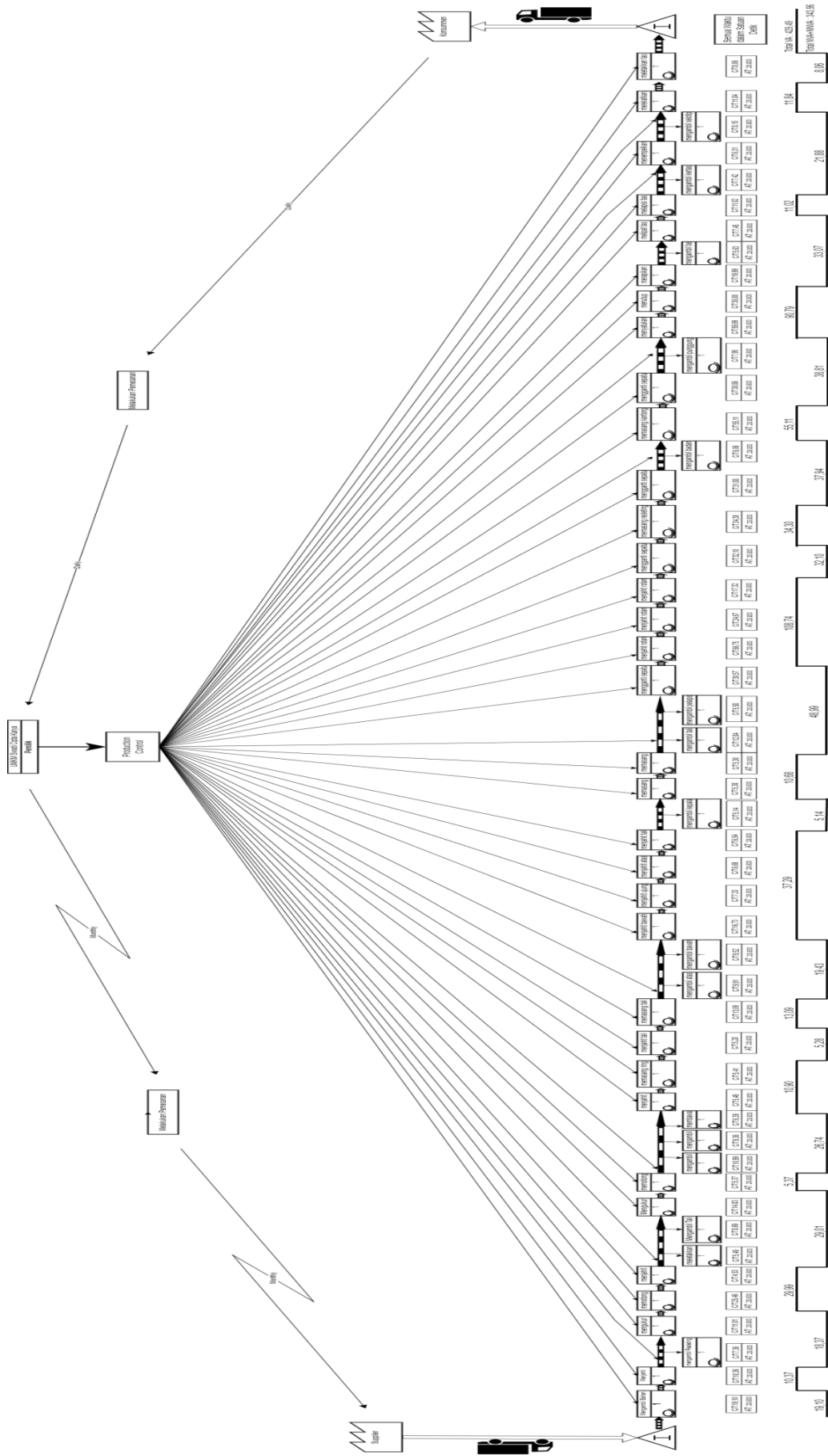
Data aktivitas produksi yang telah dikumpulkan, akan digambar dalam peta VSM keadaan saat ini (*Current Value Stream Mapping*). Peta ini akan menggambarkan seluruh aktivitas produksi dengan waktu aktivitas yang telah melalui uji kecukupan data. Rancangan *current value stream mapping* pada proses produksi tas pancing di UMKM Swadi Cipta Karya dapat dilihat pada Gambar 3.

Current value stream mapping yang dirancang menunjukkan frekuensi permintaan konsumen terhadap UMKM yaitu terjadi setiap hari, sedangkan permintaan UMKM ke *supplier* dilakukan dalam waktu sebulan. Selain itu, pada peta ini menunjukkan aktivitas yang bernilai tambah ataupun tidak bernilai tambah.

Gambar 3. menunjukkan adanya lengkungan yang terletak dibawah tabel informasi aktivitas. Lengkungan tersebut memiliki data waktu yang terletak diatas lengkungan dan dibawah lengkungan. Data waktu yang terletak di atas lengkungan menunjukkan bahwa aktivitas yang dilakukan pada waktu tersebut merupakan aktivitas

bernilai tambah. Sedangkan waktu yang terletak dibawah lengkungan menunjukkan bahwa aktivitas pada waktu tersebut merupakan aktivitas yang tidak bernilai tambah.

Proses produksi yang dilakukan oleh pekerja membutuhkan waktu sebanyak 773,45 detik atau 12,89 menit, hal ini menunjukkan bahwa setiap pekerja bisa memproduksi tas kurang lebih sebanyak 42 unit dalam sehari. Seluruh aktivitas dari proses produksi terbagi menjadi tiga jenis aktivitas yaitu *value added*, *non-value added*, dan *necessary non-value added*. Hasil pemetaan pada Gambar 3 menunjukkan aktivitas *value added* berjumlah 22 aktivitas dengan waktu yang dibutuhkan sebanyak 429,49 detik atau 7,16 menit, sedangkan aktivitas *non-value added* dan *necessary non-value added* berjumlah 28 aktivitas dengan waktu sebanyak 343,96 detik.



Gambar 3. Current Value Stream Mapping Proses Produksi Tas Pancing

Adanya aktivitas yang terletak sejajar dengan arah panah dan berada dibawah arah panah. Aktivitas yang terletak sejajar dengan arah panah menandakan bahwa aktivitas tersebut adalah jenis aktivitas operasi, inspeksi, dan *delay*. Sedangkan aktivitas yang berada dibawah arah panah merupakan aktivitas transportasi. Peletakkan aktivitas tersebut berada dibawah arah panah karena aktivitas tersebut terjadi saat proses perpindahan bahan, karena arah panah menunjukkan perpindahan bahan.

Waste Failure Mode Effect Analysis (WFMEA)

WFMEA pada penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi pemborosan yang menjadi prioritas untuk dieliminasi pada proses produksi tas pancing. Tahapan ini

dilakukan dengan melihat nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada jenis pemborosan yang ada. Identifikasi nilai ketiga indikator dilakukan oleh peneliti berdasarkan hasil pengamatan, wawancara, dan diskusi bersama pembimbing mengenai kondisi UMKM. Hasil identifikasi nilai ketiga indikator tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Setelah menentukan nilai ketiga indikator yaitu *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) selanjutnya nilai tersebut akan digunakan untuk menghitung nilai WPN dengan Persamaan (2). Maka nilai WPN pada setiap jenis pemborosan dapat dilihat pada Tabel 4.

$$WPN = S \times O \times D \dots \dots \dots (2)$$

Tabel 3. Waste Failure Mode Effect Analysis Produksi tas Pancing

| Waste | Waste Mode | Effect of Waste Mode | S | O | D |
|--------------------|---|---|---|---|---|
| Defect | Cacat pada jahitan | Melakukan pengerjaan ulang dan meningkatkan biaya dan waktu operasional | 4 | 3 | 2 |
| | Cacat pada bahan | Meningkatkan biaya produksi, karena tidak bisa diperbaiki dan harus dibuang | 9 | 3 | 1 |
| Unnecessary motion | Gerakan mencari dan memilih bahan | Meningkatkan waktu produksi dan menghambat aktivitas selanjutnya | 6 | 6 | 7 |
| | Gerakan mengambil bahan | Meningkatkan waktu produksi | 7 | 8 | 7 |
| Inventory | Penumpukan produk jadi di area produksi | Memperkecil ruang gerak dan tempat peletakan bahan | 7 | 9 | 6 |
| Waiting | Menunggu aktivitas mengganti sepatu jahit | Aktivitas selanjutnya tertunda. | 9 | 9 | 7 |
| Over process | Perbaikan produk cacat | Meningkatkan biaya dan waktu produksi | 6 | 3 | 6 |
| Transportation | Jarak perpindahan bahan jauh | Meningkatkan waktu proses produksi | 8 | 9 | 8 |
| | Tata letak bahan tidak teratur | Pergerakan perpindahan bahan menjadi sering terjadi | 9 | 9 | 8 |
| Overproduction | Produksi melebihi target | Menimbulkan penumpukan produk jadi di gudang | 7 | 3 | 1 |

Tabel 4. Nilai Waste Priority Number (WPN) Proses Produksi Tas Pancing

| Waste | WPN | Ranking |
|--------------------|-------|---------|
| Defect | 51 | 6 |
| Unnecessary Motion | 644 | 2 |
| Inventory | 378 | 4 |
| Waiting | 567 | 3 |
| Over Processing | 108 | 5 |
| Transportation | 1.224 | 1 |
| Overproduction | 21 | 7 |

Berdasarkan Tabel 4, jenis pemborosan yang akan menjadi prioritas untuk dieliminasi adalah *transportation*, *unnecessary motion*, dan *waiting*. Pemilihan ketiga pemborosan ini untuk di eliminasi dikarenakan ketiga pemborosan memiliki nilai WPN tinggi. Nilai pada tabel tersebut selanjutnya akan digunakan pada matriks VALSAT.

VALSAT digunakan sebagai alat untuk membantu penulis dalam memilih *tools* yang akan digunakan dalam mengeliminasi pemborosan. Pemilihan dilakukan dengan memasukkan nilai WPN pada matriks VALSAT. Nilai WPN yang telah diperoleh sebelumnya, akan dikalikan dengan nilai faktor dari hubungan antara pemborosan dengan *tools* pada matriks. Hasil matriks VALSAT dapat dilihat pada tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, PAM akan dipilih sebagai *tools* untuk mengeliminasi pemborosan pada proses produksi. Pemilihan *tools* tersebut karena hasil matriks VALSAT menunjukkan bahwa PAM memiliki nilai tertinggi yaitu 24.093 dari ketujuh *tools* yang tersedia.

Fishbone Diagram

Hasil identifikasi pemborosan menggunakan WFMEA menunjukkan ada tiga jenis pemborosan yang akan menjadi

prioritas utama untuk di eliminasi. Pemborosan tersebut adalah *transportasi*, *unnecessary motion*, dan *waiting*. Ketiga pemborosan ini akan dilakukan kajian lanjutan untuk mengetahui akar penyebab dari pemborosan tersebut.

1. *Transportation Fishbone diagram* pemborosan transportasi dapat dilihat pada Gambar 4.

Pemborosan transportasi terjadi pada proses produksi berupa perpindahan yang berulang dan memiliki jarak cukup jauh dengan tempat produksi.

2. *Unnecessary Motion Fishbone Diagram* pemborosan jenis ini dapat dilihat pada Gambar 5.

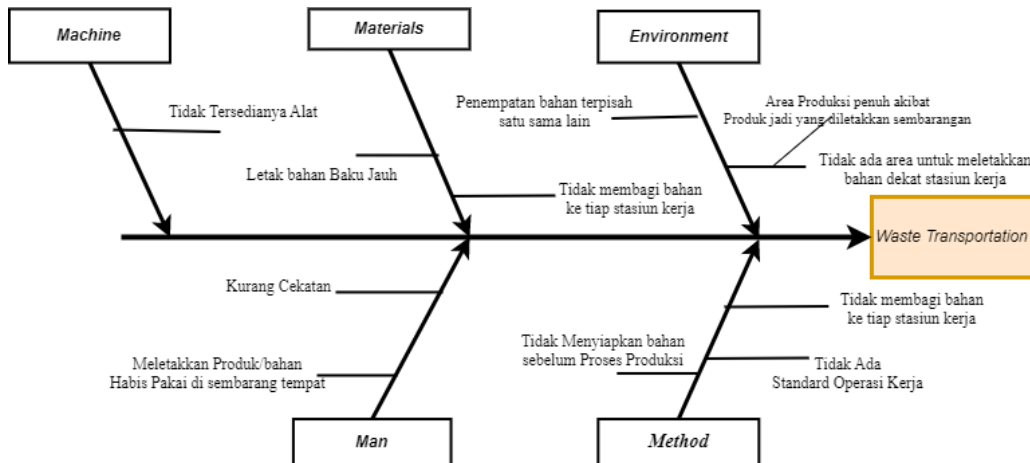
Pemborosan pada jenis ini adalah adanya gerakan yang tidak diperlukan seperti mencari, meraih, dan mengambil bahan baku produk.

3. *Waiting Fishbone diagram waste waiting* pada proses produksi tas pancing seperti pada Gambar 6.

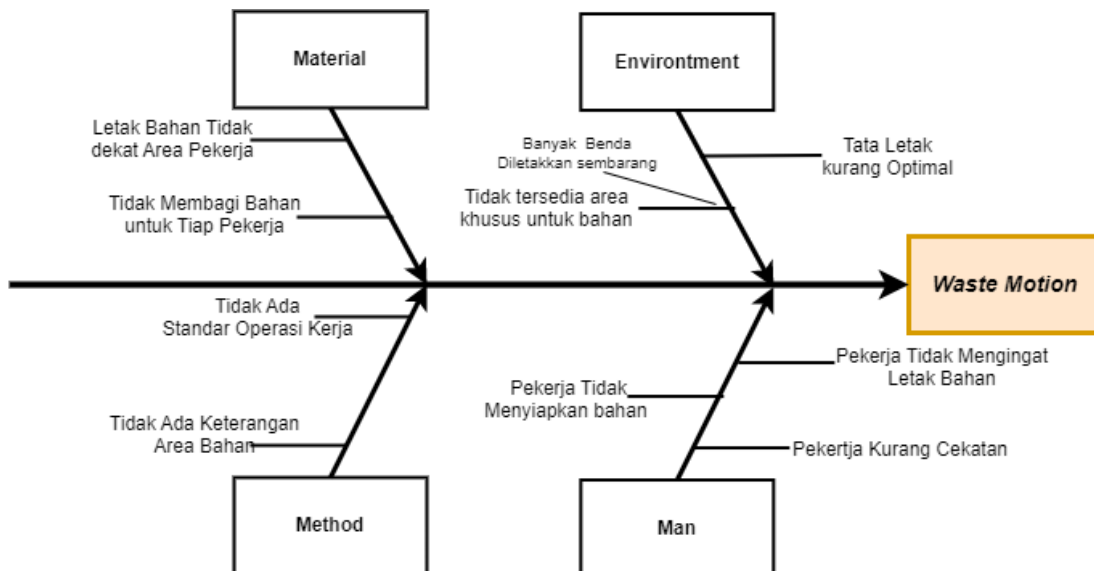
Pemborosan jenis *waiting* yang terjadi adalah menunggu aktivitas mengganti sepatu jahit. Aktivitas ini dilakukan secara berulang sehingga aktivitas selanjutnya harus terhambat.

Tabel 5. Matriks VALSAT *Tools*

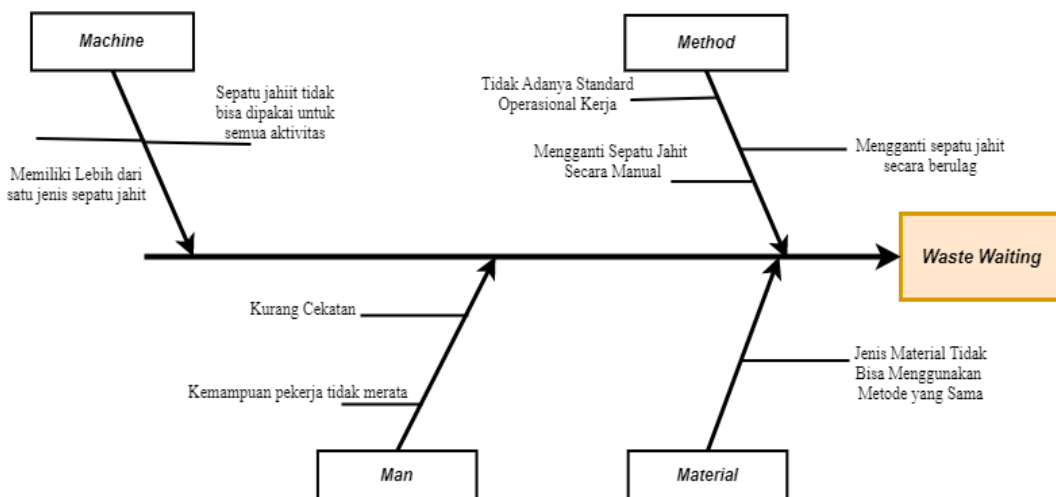
| Waste | Value Stream Analysis Tools | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|---------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|------------|
| | WPN | PAM | SCRM | PVF | QFM | DAM | DPA | PS |
| <i>Overproduction</i> | 21 | 21 | 63 | | 21 | 63 | 63 | |
| <i>Waiting</i> | 567 | 5.103 | 5.103 | 567 | | 1.701 | 1.701 | |
| <i>Transportation</i> | 1.224 | 11.016 | | | | | | |
| <i>Over Processing</i> | 108 | 972 | | 324 | 108 | | 108 | |
| <i>Inventory</i> | 378 | 1.134 | 3.402 | 1.134 | | 3.402 | 1.134 | 378 |
| <i>Unnecessary Motion</i> | 644 | 5.796 | 644 | | | | | |
| <i>Defect</i> | 51 | 51 | | | 459 | | | |
| Total | | 24.093 | 9.212 | 2.025 | 588 | 5.166 | 3.006 | 378 |



Gambar 4. Fishbone Diagram Waste Transportation



Gambar 5. Fishbone Diagram Waste Unnecessary Motion



Gambar 6. Fishbone Diagram Waste Waiting

Rancangan Usulan Perbaikan

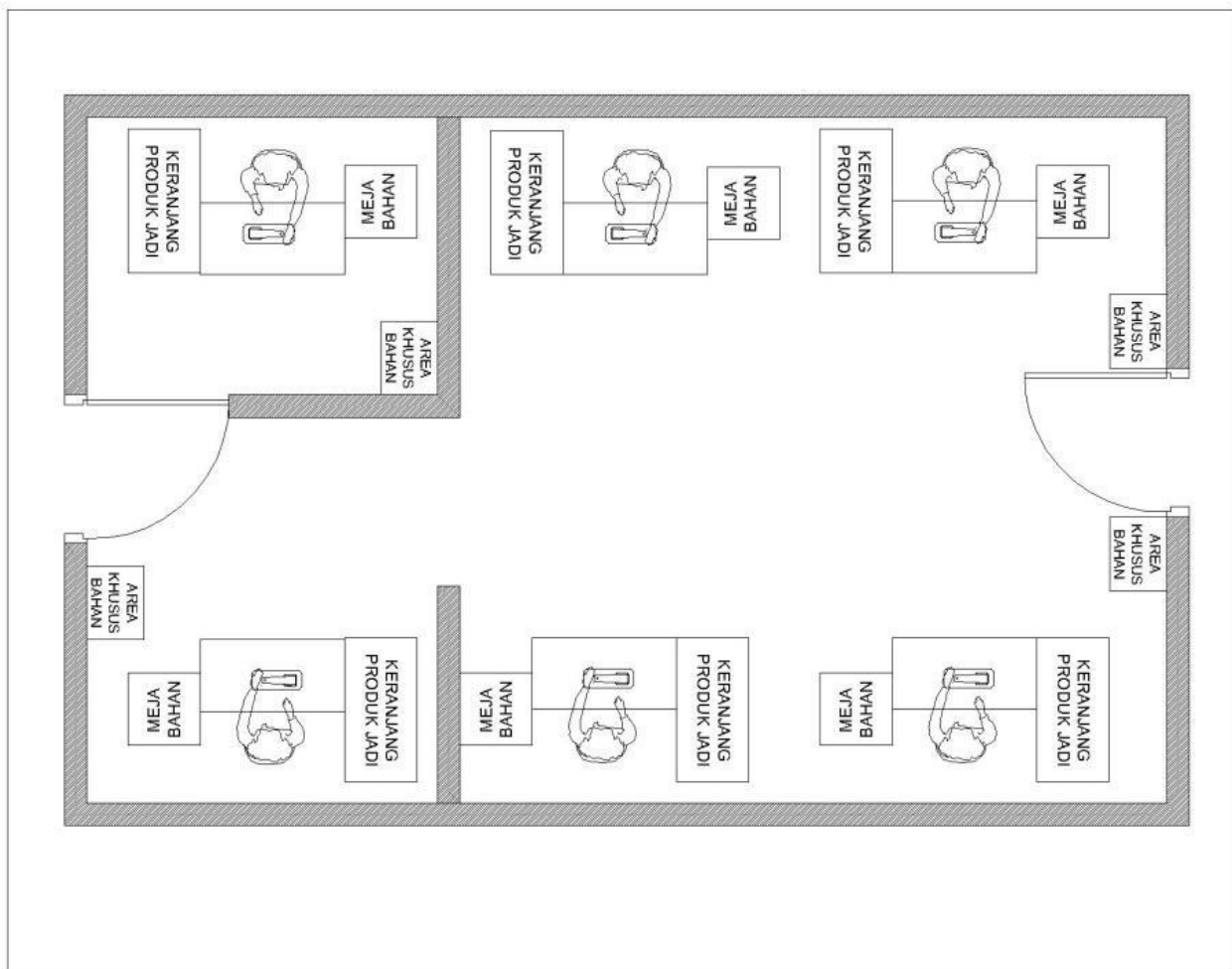
Rancangan usulan perbaikan dilakukan berdasarkan hasil identifikasi dan hasil pengolahan data. Usulan yang dirancang akan menggunakan *tools* terpilih dari matriks VALSAT yaitu PAM dan *Kaizen*. Setelah usulan diberikan, usulan akan dipetakan dalam *future state value stream mapping*.

PAM akan digunakan untuk mengidentifikasi mesin, waktu, jarak, dan semua aktivitas pada proses produksi tas pancing. Identifikasi ini dilakukan untuk mengetahui apakah aktivitas tersebut bernilai tambah (VA), aktivitas tidak bernilai tambah (NVA), dan aktivitas tidak bernilai tambah tetapi dibutuhkan dalam proses produksi (NNVA). Selain mengelompokkan ke dalam

tiga jenis aktivitas tersebut, PAM akan mengelompokkan menjadi 5 jenis aktivitas yaitu *Operation* (O), *Delay* (D), *Inspection* (I), *Storage* (S), dan *Transportation* (T). Setelah dilakukan identifikasi PAM pada proses produksi tas pancing, dilakukan akumulasi PAM seperti pada Tabel 6.

Rancangan usulan layout area produksi tas pancing seperti pada Gambar 7.

Rancangan usulan perbaikan dengan *Kaizen* dilakukan terhadap prioritas jenis pemborosan yang terjadi. Rancangan usulan perbaikan dibuat berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi bersama pekerja, pemilik UMKM, dan dosen pembimbing. Rancangan usulan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 7.



Gambar 7. Rancangan *Layout* Area Produksi Tas Pancing

Tabel 6. Akumulasi PAM Proses Produksi Tas Pancing

| Aktivitas | Jumlah | Waktu (detik) | Persentase |
|-----------------------|--------|---------------|------------|
| <i>Operation</i> | 27 | 474,36 | 61 |
| <i>Transportation</i> | 16 | 140,09 | 18 |
| <i>Inspection</i> | 1 | 19,99 | 3 |
| <i>Storage</i> | 2 | 13,55 | 2 |
| <i>Delay</i> | 4 | 125,41 | 16 |
| VA | 22 | 429,49 | 55,53 |
| NVA | 5 | 59,03 | 7,63 |
| NNVA | 23 | 284,93 | 36,84 |

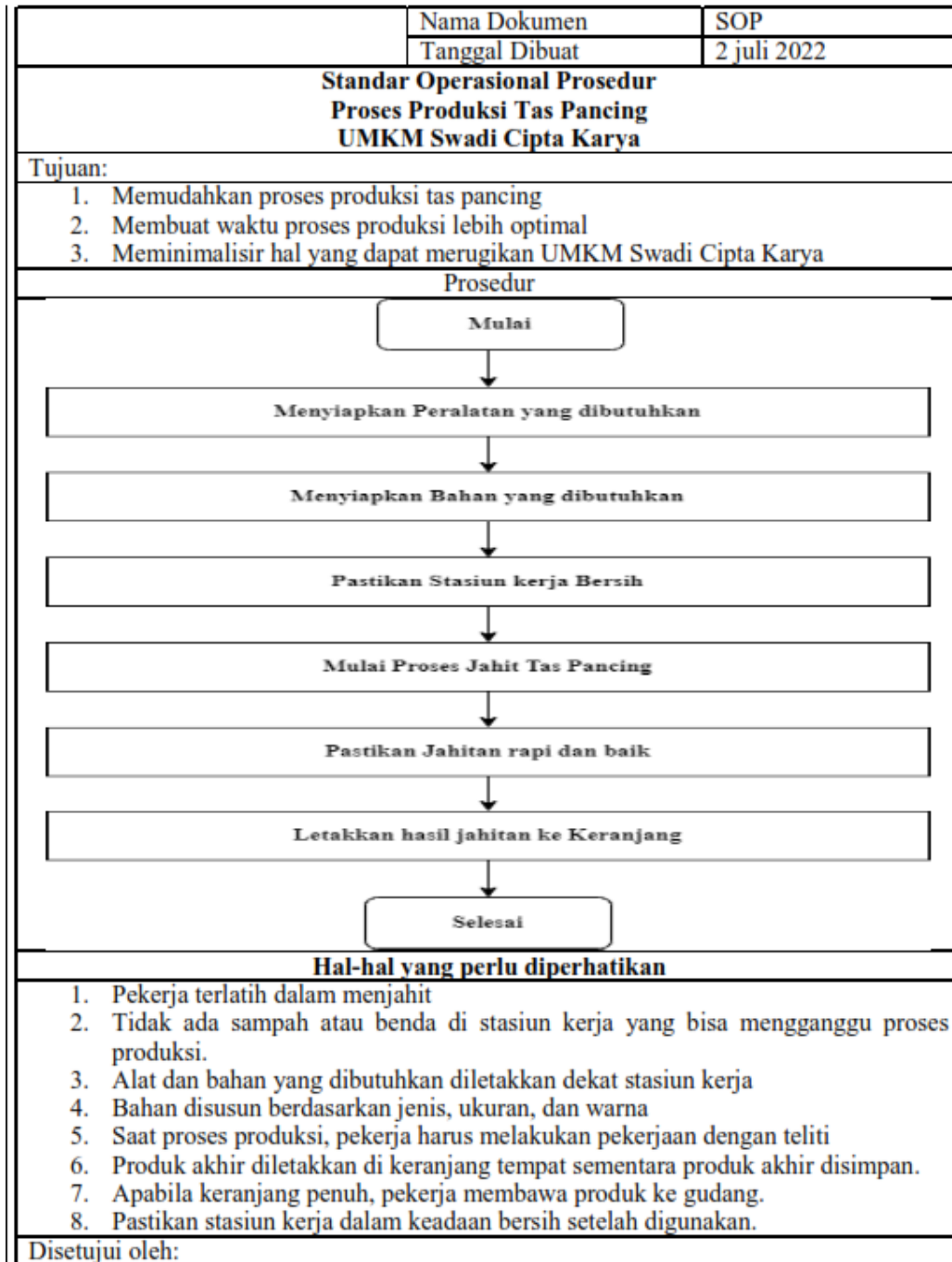
Tabel 7. Usulan Perbaikan *Kaizen*

| Jenis Pemborosan | Keterangan | Penyebab Pemborosan | Usulan Perbaikan | <i>Kaizen</i> |
|---|---|--|---|------------------------------------|
| <i>Transportation, Unnecessary Motion</i> | Mencari dan mengambil bahan dilakukan berulang | Tata letak yang tidak optimal | Merancang tata letak dengan menempatkan bahan dekat dengan lokasi pekerja. | <i>Seiton</i> (Penataan) |
| | | | Bahan disusun dan diatur sesuai dengan jenis dan warna bahan | <i>Seiri</i> (Pemilahan) |
| | | | Menyiapkan bahan sebelum proses jahit dilakukan | <i>Seiketsu</i> (Standardisasi) |
| | | Area produksi penuh dengan produk jadi dan bahan habis pakai | Menyediakan keranjang untuk produk jadi dan tempat sampah di setiap stasiun kerja | <i>Seisou</i> (Pembersihan) |
| <i>Waiting</i> | Proses produksi terhenti akibat menunggu aktivitas lain | Aktivitas mengganti sepatu jahit memakan waktu lama dan dilakukan berulang | Memberikan pelatihan agar pekerja lebih cekatan | <i>Shitsuke</i> (Pembiasaan) |

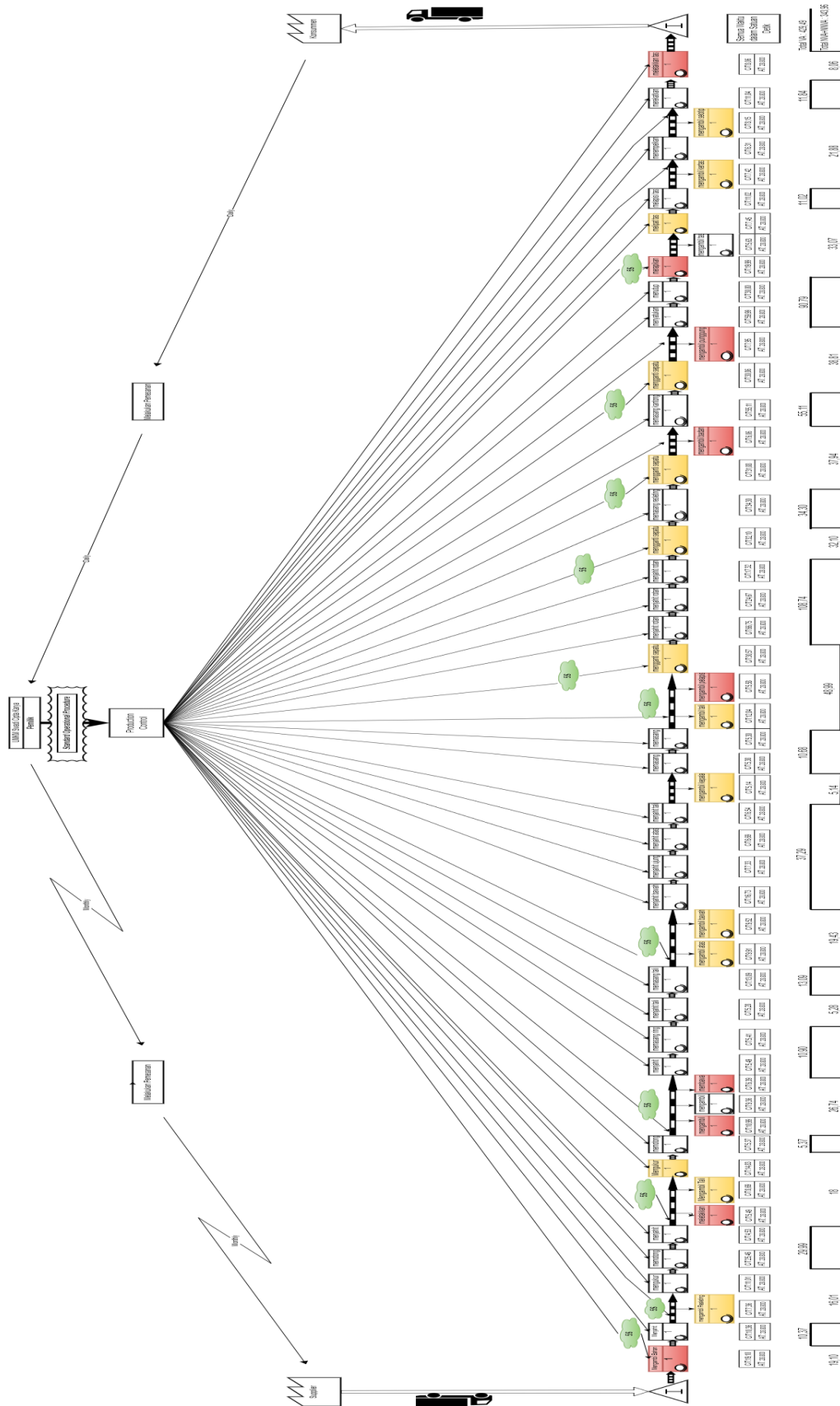
Rancangan perbaikan pada Tabel 7 jenis pemborosan *transportation* dan *unnecessary motion* memiliki keterkaitan, hal ini dikarenakan pemborosan yang terjadi akibat penyebab yang sama.

Penerapan usulan perbaikan akan dibantu dengan perancangan *Standard Operational Procedure* (SOP). Hasil SOP yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 8.

Rancangan SOP pada Gambar 8 ditujukan pada proses jahit di UMKM Swadi Cipta Karya, hal ini dikarenakan proses jahit memiliki aktivitas dan pemborosan yang lebih banyak dari proses *packing*. Usulan perbaikan yang diberikan dengan menggunakan PAM, *kaizen*, dan perancangan SOP akan digambarkan dalam *future state value stream mapping* pada Gambar 9.



Gambar 8. Rancangan *Standard Operational Procedure* (SOP)



Gambar 9. Future State Value Stream Mapping

Prosedur jahit pada SOP menunjukkan pekerja harus menyiapkan peralatan dan bahan sebelum proses jahit dilakukan. Persiapan dilakukan agar peralatan tidak mengalami masalah saat proses jahit berlangsung dan menghilangkan aktivitas mencari dan mengambil bahan yang merupakan pemborosan jenis *transportation* dan *unnecessary motion*. Aktivitas memastikan stasiun kerja bersih dan meletakkan produk ke dalam keranjang setelah proses produksi selesai menjadi respon dari banyaknya bahan dan produk yang menumpuk di lantai produksi. Tidak adanya penumpukan bahan dan produk membuat tata letak di lantai produksi menjadi lebih baik dan berdampak dalam minimasi pemborosan. Sedangkan aktivitas mengecek hasil jahitan dilakukan untuk meminimasi kemungkinan terjadinya produk cacat pada produk yang dihasilkan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam SOP dapat memberikan kebiasaan terhadap pekerja untuk bekerja lebih baik dalam memproduksi tas pancing sehingga produk dapat dihasilkan dengan waktu yang lebih optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis *current state value stream mapping* dapat disimpulkan hasil pemetaan menunjukkan jumlah aktivitas produksi tas pancing didominasi oleh aktivitas yang tidak bernilai tambah terhadap produk. Hasil tersebut mengidentifikasi bahwa masih banyak pemborosan yang terjadi pada proses produksi tas pancing. Hasil analisis menggunakan *waste failure mode effect analysis* menyimpulkan terdapat jenis pemborosan utama pada proses produksi yaitu *transportation*, *unnecessary motion*, dan *waiting*. Pemborosan *transportation* terjadi akibat perpindahan bahan yang sering terjadi, dalam perpindahan bahan tersebut terdapat gerakan-gerakan yang tidak perlu (*unnecessary motion*), serta terdapat aktivitas menunggu (*waiting*) saat mengganti sepatu mesin jahit.

Analisis pemilihan *tools* menggunakan *value stream analysis tools* (VALSAT)

menyimpulkan bahwa *tools process activity mapping* (PAM) terpilih untuk digunakan dalam mengeliminasi pemborosan. *Tools* PAM dipilih karena *tools* ini memiliki nilai matriks tertinggi dari ketujuh *tools* yang tersedia. Hasil analisis PAM menyimpulkan aktivitas yang harus di minimasi lebih dominan dibandingkan dengan aktivitas yang harus dihilangkan (eliminasi). Hasil tersebut juga memberikan rancangan tata letak yang bisa diterapkan oleh UMKM. Analisis menggunakan *Kaizen* menyimpulkan bahwa hasil 5S merancang tata letak dengan baik, menyusun bahan, melakukan pelatihan, menyiapkan bahan, dan meletakkan hasil jahitan ke keranjang untuk meminimasi atau mengeliminasi pemborosan.

Berdasarkan hasil temuan dan analisis dalam penelitian ini, pihak UMKM disarankan untuk bisa mempertimbangkan usulan perbaikan dari hasil penelitian ini yang dirancang menggunakan PAM dan *Kaizen* untuk diterapkan pada UMKM agar pemborosan bisa di minimasi. Penerapan usulan perbaikan bisa dipertimbangkan sesuai dengan kondisi yang sedang terjadi pada UMKM.

Daftar Pustaka

- Al Faritsy, A. Z., & Suseno. (2015). Peningkatan Produktivitas Perusahaan dengan Menggunakan Metode Six Sigma, Lean dan Kaizen. *J@ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 10(2), 103–116. <https://doi.org/https://doi.org/10.12777/jati.10.2.103-116>
- Amdani, & Trisnawati, N. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Konveksi Dengan Menggunakan Metode Sttistical Process Control Pada CV Fitria. *Jurnal IKRA-ITH Ekonomika*, 4(1), 10–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.37817/iakraith-ekonomika.v4i1>
- Ananda, F. A., & Sutopo, W. (2020). Analisis Masalah Untuk Menentukan Minimasi Waste Pada Proses Produksi di PT. XYZ. *Teknoin*, 26(2), 141–153.

- <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol26.is2.art5>
- Armyanto, H. D., Djumhariyanto, D., & Mulyadi, S. (2020). Penerapan Lean Manufacturing dengan Metode VSM dan FMEA untuk Mereduksi Pemborosan Produksi Sarden. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 13(1), 37–42. <https://doi.org/10.24843/jem.2020.v13.i01.p07>
- Azzahra, B., & Wibawa, I. G. A. R. P. (2021). Strategi Optimalisasi Standar Kinerja UMKM Sebagai Katalis Perekonomian Indonesia Dalam Menghadapi Middle Income Trap 2045. *Inspire Journal: Economics and Development Analysis*, 1(1), 75–86. <https://ejournal.uksw.edu/inspire/article/download/4856/1771>
- Fauzia, S., Lubis, M. Y., & Yanuar, A. A. (2018). Usulan Perbaikan Proses Produksi Kain Grey dengan Pendekatan Lean Manufacturing untuk Mengurangi Waste Motion di PT. Buana Intan Gemilang. *Journal Industrial Servicess*, 3(2), 57–62. <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.36055/jiss.v3i2.3170>
- Hidayah, N. N., Sofitra, M., & Djanggu, N. H. . (2020). Minimasi Waste Untuk Meningkatkan Produksi dengan Pendekatan Lean Manufacturing (Studi Kasus: PT . X). *INTEGRATE*, 4(2), 165–173.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46–64. <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Ismail, R., Saleh, A., Alisyahbana, T., & Ismail, H. (2020). Minimasi Waste Untuk Perbaikan Proses Produksi Kantong Kemasan Dengan Pendekatan Lean Manufacturing (Studi Kasus PT. XYZ). *Journal of Industrial Engineering Management*, 5(1), 53–59. <https://doi.org/10.33536/jiem.v5i1.88>
- Kevin, Saryatmo, M. A., & Andres. (2023). Minimasi Waste Pada Aktivitas Proses Produksi Dengan Pendekatan Value Stream Mapping (Studi Kasus: Ukm Garmen X). *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 2(2), 136–144. <https://doi.org/10.24912/jmti.v2i2.26970>
- Kholil, M., & Mulya, R. (2014). Minimasi Waste Dan Usulan Peningkatan Efisiensi Proses Produksi Mcb (Mini Circuit Breaker) Dengan Pendekatan Sistem Lean Manufacturing (Di PT Schneider Electric Indonesia). *Jurnal PASTI*, 8(1), 44–70.
- Ma'ruf, F., & Dahdah, S. S. (2021). Analisis Pemetaan Aliran Nilai Menggunakan Waste Failure Mode and Effect Analysis (W-FMEA) dan Lean Manufacturing. *Jurnal Teknik Industri*, 11(2), 140–149. <https://doi.org/10.25105/jti.v11i2.9706>
- Mayatra, M., Chauhan, N. D., & Trivedi, P. (2015). A Literature review on Implementation of Lean Manufacturing Techniques. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 1(4), 4–10.
- Moengin, P., & Ayunda, N. (2021). Lean Manufacturing untuk Meminimasi Lead Time dan Waste agar Tercapainya Target Produksi (Studi kasus: PT. Rollflex Manufacturing Indonesia). *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 77–92. <https://doi.org/10.25105/jti.v11i1.9699>
- Ningrum, F., Azmi, N., & Puspitasari, F. (2022). Minimasi Waste pada Proses Produksi Bracket B6H-F194X-00 Menggunakan Lean Manufacturing untuk Mencapai Target Produksi di PT. ABC. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 21(1), 64–73. <https://doi.org/10.20961/performa.21.1.54562>
- Nugraha, A. T., Wahyudi, R., Fawzi, A. M., & Sunarti, S. (2022). Eco Design, Internal Environment Management, Just in Time and Organizational Performance: Examining Moderating Role of Trust. *Jurnal Manajemen Indonesia*, 22(3), 396–405. <https://doi.org/10.25124/jmi.v22i3.3673>
- Puspitasari, F., Moengin, P., Witonohadi, A.,

- & Puspa, S. D. (2023). Pelatihan Minimasi Waste dengan Lean Manufacturing pada PT. Ganding Toolsindo. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Aplikasi Teknologi (Adipati)*, 2(1), 16–20. <https://doi.org/10.31284/j.adipati.2023.v2i1.3531>
- Rivaldi, S. A., & Prapti, M. S. (2019). Rancangan Minimasi Waste Pada Proses Produksi Dress Pada CV Nywan Garmino Dengan Menggunakan Metode Lean Six Sigma. *Optimal*, 16(1), 121–189. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Wahyudi, R., Garamba, R. R. N., & Nugraha, A. T. (2024). Evaluasi Tata Letak Fasilitas Menggunakan Metode Systematic Layout Planning di PT Lambang Jaya. *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, 8(1), 66–77. <https://doi.org/10.31289/jime.v8i1.10618>
- Zulfikar, A. M., & Rachman, T. (2020). Penerapan Value Stream Mapping Dan Process Activity Mapping Untuk Identifikasi Dan Minimasi 7 Waste Pada Proses Produksi Sepatu X Di PT . PAI. *Jurnal Inovisi*, 16(1), 13–24.

Analisis Kualitas Batu Bara Menggunakan Metode FMEA Pada PT XYZ

Anindita Rahmalia Putri^{1)*}, WF. Anjely Keysha Maharani²⁾, Yasmin³⁾

Progam Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang
Jl. Jendral Ahmad Yani 13 Ulu, Palembang, 30263, Indonesia^{1,2,3)}
E-Mail : anindita@um-palembang.ac.id^{1)*}

ABSTRAK

Dalam menghadapi evolusi cepat dalam sektor energi, industri masih mengandalkan batu bara sebagai sumber energi utama. Meskipun persaingan semakin ketat, dorongan untuk menyempurnakan produk-produknya terus tumbuh. Namun, upaya untuk mengurangi kecacatan dalam produk-produk tersebut tidak selalu berhasil di semua perusahaan. PT XYZ, sebagai salah satu entitas industri, menghadapi tantangan serupa dengan adanya produk batu bara yang tergolong dalam kategori *reject* dan *losses*. Kondisi ini menunjukkan bahwa perusahaan mengalami kesulitan dalam mencapai standar kualitas dan kuantitas yang diharapkan. Untuk mengatasi permasalahan ini, penelitian dilakukan dengan tujuan mengidentifikasi penyebab utama dari ketidakberhasilan dalam mencapai standar kualitas dan kuantitas batu bara menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Hasil penelitian ini mengungkap beberapa faktor penyebab utama yang mencakup penumpukan batu bara dalam kategori *reject*, kurangnya penerapan *Quality Control*, fluktuasi harga batu bara, manajemen limbah yang kurang efektif, kesalahan dalam perencanaan eksplorasi, oksidasi batu bara, prosedur penyimpanan yang tidak memadai, kesalahan dalam pencatatan, dan jumlah kendaraan (*dump truck*) yang tidak optimal. Temuan ini memberikan pemahaman mendalam tentang sumber-sumber utama kecacatan produk, memungkinkan langkah-langkah perbaikan yang lebih terarah dan efektif guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produk batu bara yang dihasilkan oleh perusahaan.

Kata kunci: Kualitas, Metode FMEA, Analisis Anova

ABSTRACT

In facing the rapid evolution of the energy sector, industries still rely on coal as the primary energy source. Despite increasing competition, the drive to refine their products continues to grow. However, efforts to reduce defects in these products are not always successful across all companies. PT XYZ, as one of the industrial entities, faces similar challenges with coal products classified as rejects and losses. To address this issue, a study was conducted with the aim of identifying the main causes of failure in achieving the quality and quantity standards of coal using the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) method. The results of this research revealed several key contributing factors, including the accumulation of coal in the reject category, inadequate implementation of Quality Control, fluctuations in coal prices, ineffective waste management, errors in exploration planning, coal oxidation, inadequate storage procedures, recording errors, and an insufficient number of vehicles (dump trucks). These findings provide an in-depth understanding of the main sources of product defects, enabling more targeted and effective corrective actions to improve the quality and quantity of coal products produced by the company.

Keywords: Quality, FMEA Method, Anova Analysis

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun ini, perkembangan sektor energi semakin pesat. Walaupun setiap tahunnya inovasi terkait sumber energi terbarukan masih terus diinisiasi, tetapi ketergantungan industri dengan sumber energi dari batu bara masih cukup signifikan. Setiap tahunnya persaingan perusahaan pada sektor industri ini semakin kompetitif (Rahmalia Putri et al., 2023). Persaingan yang kompetitif ini mendorong perusahaan untuk semakin unggul dalam menghasilkan produknya. Sehingga proses produksi suatu perusahaan haruslah menghasilkan produk yang terjamin kualitasnya (Sutiono et al., 2022).

Keberlangsungan perusahaan ditentukan dari kualitas produk yang dihasilkan. Seiring berkembangnya teknologi, permintaan konsumen terhadap produk yang berkualitas pun meningkat. Untuk memenuhi permintaan konsumen tersebut, nilai tambah produk pun harus selalu ditingkatkan (Ayu Lestari & Purwatmini, 2021).

Kualitas dari produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan ditentukan oleh spesifikasi tertentu yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Namun jika produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka produk tersebut dinyatakan mengalami kecacatan. Kecacatan produk harus diminimalisir sehingga perlu dianalisis dan diketahui faktor-faktor penyebabnya agar kecacatan yang timbul dari suatu proses produksi dapat dimitigasi dan diperbaiki (Shiyamy et al., 2021). Maka dari itu, perusahaan perlu melakukan aktivitas pengendalian kualitas secara optimal.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengendalikan kualitas produk adalah metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Metode FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi kegagalan yang dapat mempengaruhi fungsi sistem sehingga dalam pelaksanaannya diperlukan suatu prioritas tindakan untuk ditetapkan (Putri, 2022). Beberapa penelitian telah menggunakan metode FMEA untuk menganalisa faktor-faktor penyebab kecacatan pada produk ataupun kegagalan pada suatu proses produksi misalnya penelitian yang dilakukan oleh

(Fernandi, 2022; Haryono et al., 2022; Hermawan & Akmal, 2022). Selain itu, metode FMEA juga dapat diterapkan untuk identifikasi faktor penyebab kegagalan pada UMKM misalnya pada penelitian yang dilakukan oleh (Juwito & Al-Faritsy, 2022; Luthfi et al., 2023).

PT XYZ adalah perusahaan swasta yang bergerak di sektor energi, khususnya pengelolaan batu bara di Sumatera Selatan. Perusahaan ini menghadapi tantangan dalam menjaga kualitas dan kuantitas produk batu bara, yang sering kali masuk dalam kategori *reject* atau mengalami *losses*, menyebabkan kerugian finansial dan operasional (Azhari & Nugroho, 2022; Haqiqie et al., 2024). Mengingat peran strategis batu bara sebagai komoditas energi, masalah ini membutuhkan perhatian mendalam. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyebab utama kegagalan menggunakan pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, guna meminimalkan risiko dan meningkatkan efisiensi proses produksi perusahaan.

2. Metodologi

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengurangi potensi kegagalan dalam proses produksi yang dapat berdampak pada kerusakan atau cacat produk. Proses ini melibatkan analisis mendalam terhadap berbagai tahapan pekerjaan, termasuk identifikasi mode kegagalan dan penentuan *Risk Priority Number (RPN)*. RPN diperoleh dari perkalian tiga faktor utama, yaitu *Severity* (tingkat keparahan dampak kegagalan), *Occurrence* (frekuensi terjadinya kegagalan), dan *Detection* (kemampuan mendeteksi kegagalan sebelum mencapai konsumen). Dengan menghitung RPN, organisasi dapat menentukan kegagalan yang paling berisiko dan memprioritaskan langkah-langkah pencegahan maupun perbaikan (Wicaksono & Yuamita, 2022). Penerapan FMEA memungkinkan perusahaan untuk lebih proaktif dalam mengelola risiko, meningkatkan kualitas produk, serta mengurangi kerugian akibat kegagalan proses.

Dengan demikian, FMEA menjadi alat yang penting dalam manajemen kualitas, karena tidak hanya membantu mengidentifikasi risiko pada tahap awal, tetapi juga menyediakan panduan untuk melakukan tindakan mitigasi secara efektif dan tepat sasaran.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil observasi di lapangan diperoleh berbagai macam informasi mengenai jenis kecacatan, efek kecacatan, faktor dan penyebab kecacatan, serta metode deteksi. Penentuan prioritas dari suatu bentuk kegagalan akan melibatkan sejumlah personel, maka personel yang terlibat dalam penerapan FMEA harus mendefinisikan terlebih dahulu mengenai *severity*, *occurrence* dan *detectionionion* yang apabila dikalkulasikan dengan perkalian matematis

akan diperoleh nilai *Risk Priority Number* (Azzahra, 2024).

Metode FMEA dapat diaplikasikan pada tahap konseptual dan awal rancangan dari suatu sistem dengan tujuan untuk menjabarkan semua probabilitas timbulnya kegagalan dan mengajukan upaya perbaikan yang tepat untuk meminimalisir semua kegagalan-kegagalan potensial tersebut. Adapun penilaian *severity*, *occurrence* dan *detectionionion* dilakukan oleh responden yang merupakan manager, *section head* serta pelaksana lapangan.

3.1. Identifikasi Jenis Kegagalan dan Potensi Kegagalan

Berdasarkan hasil FGD dengan para responden maka jenis serta potensi kegagalan dapat diidentifikasi. Beberapa contoh dari jenis dan potensi kegagalan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Jenis Kegagalan Pemenuhan Kualitas Batu Bara

| Aktivitas | Sumber Kegagalan Potensial | Simbol | Penyebab | Effect | Control |
|----------------------|--|--------|--|--|---|
| PERMINTAAN BATU BARA | Harga batu bara yang naik turun | E1 | Akibat permintaan yang lemah diiringi oleh keinginan negara - negara lain yang lebih bergantung pada impor | Terjadinya pengaruh terhadap berkurangnya permintaan negara dan daerah penghasil batu bara | Solusi jangka panjang yang harus dipastikan adalah perlu adanya upaya untuk memasok batu bara |
| | Kesalahan dalam menghitung jumlah <i>inventory</i> | E2 | disebabkan oleh elemen musiman seperti: liburan, tahun baru, dan lebaran | Terjadi pemesanan batu bara berlebihan. | Melihat kondisi dan kapasitas area penyimpanan batu bara (<i>stockpile</i>) |
| | Mengabaikan kontrak | E3 | Kesengajaan vendor mengulur waktu dan Pemaksaan pembelian batu bara secara halus | Menyebabkan Kerugian waktu, biaya, dan lokasi PT. Pamapersada Nusantara | Melakukan penerimaan kontrak secara cepat dan tepat |
| | Kurangnya kebersihan dalam menjaga alat | E4 | Kurangnya kesadaran karyawan dalam mengecek atau memastikan alat produksi batu bara sebelum di operasikan | Mesin <i>Hopper</i> , <i>belt conveyor</i> dan <i>screener</i> alat yang sangat penting pada saat pengisian batu bara kedalam kereta jika kurang terjaga kebersihannya | Melakukan proses <i>cleanning</i> pada mesin dan perbaikan secara berkala. |

| Aktivitas | Sumber Kegagalan Potensial | Simbol | Penyebab | Effect | Control |
|----------------------------|--|--------|---|---|--|
| AREA PENAMBANGAN BATU BARA | Kesalahan dalam proses penambangan | E5 | Minimnya pengetahuan tentang cara menangani batu bara | sehingga dapat mempengaruhi nilai dari kualitas batu bara Mengalami terjadinya kerusakan pada kualitas batu bara | Melakukan evaluasi kinerja secara berkala, adanya pelatihan yang terbaru sesuai kondisi lapangan |
| | Perubahan Iklim: Panas dan Hujan | E6 | Fenomena cuaca yang tidak menentu | Peningkatan pada suhu batu bara yang di tumpuk dalam penyimpanan di <i>stockpile</i> | Menambahkan alat <i>protective/shield</i> di tempat penyimpanan batu bara |
| | Waste/Pemborosan di area produksi | E7 | Pemborosan pada aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah/ Adanya kondisi peralatan, bahan dan lingkungan yang buruk | Alhasil sumber daya manusia bertambah banyak, sumber energi meningkat, tetapi sumber dana tergerus habis | Identifikasi area yang menyebabkan pemborosan dan mengelola persediaan batubara yang lebih efisien untuk mengurangi waste tersebut |
| | Jumlah kendaraan (<i>Dumpk Truck</i>) tidak ideal | E8 | Kurangunya stok <i>Dump Truck</i> | Sulitnya memenuhi kebutuhan persediaan batu bara | Melakukan pengecekan ketersediaan transportasi apakah sudah mencukupi untuk melaksanakan produksi |
| | Salah mengambil sampel pada saat produksi berlangsung | E9 | Sampel yang diambil tidak sesuai dengan pemenuhan syarat yang telah ditentukan | kesalahan yang dibuat dalam menentukan status kualitas batu bara | Memastikan kembali apakah sampel yang di ambil sudah memenuhi persyaratan yang telah di tetapkan |
| | Kegagalan terjadi karena <i>Quality Control</i> Tidak diterapkan | E10 | ingin menghindari kehilangan waktu dan uang | Mengalami penurunan terhadap kualitas batu bara | Memenuhi standar yang harus dipenuhi, memeriksa kembali satu persatu, dan memperbaiki produk/ layanan yang ditawarkan |
| | Kesalahan dalam perencanaan eksplorasi | E11 | Kessalahan dari faktor sumber daya manusia tersebut kurang memiliki kemahiran atau pengalaman | Ketidktentuan situasi penambangan di masa depan perusahaan | Mengurangi gangguan di permukaan lokasi tambang, menurunkan risiko erosi pada |

| Aktivitas | Sumber Kegagalan Potensial | Simbol | Penyebab | Effect | Control |
|---------------------|---|--------------------------------|---|---|--|
| KEGIATAN EKSPLOKASI | Kurangnya kesadaran eksplorator | E12 | memengaruhi hasil interpretasinya. Faktor tersebut beberapa diantaranya adalah latar belakang keilmuan, banyaknya pengalaman, keterkaitan eksplorator dengan institusi lain, kondisi fisik dan rohani eksplorator | Faktor tersebut beberapa diantaranya adalah latar belakang keilmuan, banyaknya pengalaman, keterkaitan eksplorator dengan institusi lain, kondisi fisik dan rohani eksplorator, | tanah, dan memindahkan sedikit material untuk ditimbun kembali. Proses pertambangan berkelanjutan ini membantu efisiensi dalam revegetasi tanaman. Pembangunan laporan hasil eksplorasi memberikan gambaran keadaan lapangan eksplorasi. |
| | Berdampak lingkungan menjadi tercemar | E13 | penurunan produktivitas lahan, kepadatan tanah bertambah, terjadinya erosi dan sedimentasi, terjadinya gerakan tanah atau longsoran | terganggunya flora dan fauna, terganggunya kesehatan masyarakat serta berdampak terhadap perubahan iklim mikro | Perusahaan harus lebih memikirkan lingkungan dan masyarakat yang hidup di sekitarnya |
| | Sumber buangan limbah yang dihasilkan proses produksi | E14 | zat cair, padat, dan bahkan gas. | Limbah cair akan mengotori sumber mata air, sungai, dan laut. | Pengecekan berkala dan monitoring, mengolah limbah sisa, pelaksanaan reklamasi |
| | Menumpuknya batubara <i>reject</i> | E15 | Kesengajaan vendor mengulur waktu dan pemaksaan pembelian batu bara secara halus | Kekurangan area <i>stockpile</i> batubara | Melakukan negosiasi downgrade batu bara |
| | Tidak teratur dalam menyusun | E16 | Minimnya pengetahuan tentang pengoperasian batu bara | Persentase batu bara Losses | Lot batu bara disusun dengan baik dan rapi |
| | PENYIMPANAN | Drynase <i>stockpile</i> buruk | E17 | Kurangnya maintenance <i>stockpile</i> | Kandungan air batubara meningkat dan lot mudah Longsor |
| Batu bara terbakar | | E18 | Batu bara | Terjadinya batu | Penggunaan |

| Aktivitas | Sumber Kegagalan Potensial | Simbol | Penyebab | Effect | Control |
|------------------|--|--------|--|---|---|
| PENGIRIMAN | | | diletakkan pada area terbuka | bara losses | larutan polymer |
| | Perbedaan Hasil Uji | E19 | Perbedaan waktu pengambilan sampel | Sistem FIFO gagal diterapkan | Perbandingan hasil uji |
| | Terbatasnya area <i>stockpile</i> | E20 | Dominasi Batu bara <i>Reject</i> | Menghambat sistem <i>inventory</i> perusahaan | Minimalisir jumlah batu bara <i>reject</i> di <i>stockpile</i> |
| | Lot bat bara yang longsor | E21 | Penyusunan Lot yang tidak tepat Dikarenakan hujan | Prosentase batu bara losses meningkat | Penyusunan lot batu bara secara padat berbanjar |
| | Batu bara mengalami oksidasi | E22 | Terlalu lama dalam perjalanan | Berkurangnya kualitas batu bara | Penekanan dan efektifitas sanksi penalti pada klausul kontrak pembelian batu bara |
| | Keterlambatan Pengiriman | E23 | Terjadinya kemacetan lalu lintas (Di jalan) , kerusakan truck mendadak | Terjadinya kemacetan lalu lintas (Di jalan) , kerusakan truck mendadak | |
| | Batu bara tercecer di perjalanan | E24 | Jalan transportasi rusak | Kurangnya kuantitas batu bara | |
| | Pengiriman Batu Bara via Kapal terhadap Kondisi Laut | E25 | batu bara yang tumpah ke laut | Membahayakan untuk biota laut, tetapi juga bagi kapal lain yang melintas, karena tentu tingkat kepekatan air akan berubah | Membuat jalur khusus, untuk mengangkut hasil batu bara mereka ke pelabuhan, tanpa melalui wilayah berpenduduk |
| | Salah melakukan pendataan | E26 | Salah input SAP (<i>System Application and Product in data processing</i>) | Terjadinya missskomunikasi dokumen | Menaktifkan selalu penggunaan <i>notification</i> |
| | Salah memberi instruksi lokasi pembongkaran | E27 | Kelalaian sumber daya manusia (<i>Human Error</i>) | Kesalahan lokasi pembongkaran batu bara | Menjalin koordinasi dengan PIC (Penanggung jawab) pembongkaran batu bara |
| PENDISTRIBUSI AN | Kesalahan perhitungan | E28 | Human error | Kesalahan dalam pengambilan keputusan | Perbandingan hasil perhitungan manual dengan sistem SAP |
| | Batu bara terlindas ban | E29 | Batu bara tercecer ke arah <i>truck</i> | Terjadinya batu bara losses | Pembuatan jalur lintas truck pada area <i>stockpile</i> |
| | Pencemaran logam | E30 | Limbah yang dihasilkan | Berpotensi beracun di tanah pengolahan lahan pertanian | Pencegahan dan pengurangan kontaminasi |

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui penyebab dan efek dari batu bara *reject* dan *losses* sebesar 30 kegagalan. Selanjutnya untuk mencari penyebab kegagalan tersebut, perlu dilakukan penilaian *severity*, *occurrence* dan *detectionion* supaya nilai *risk priority number* / jenis kegagalan paling dominan dapat diketahui.

3.2. Penentuan Nilai Risk Priority Number (RPN)

Penilaian *severity*, *occurrence* dan *detectionion* dilakukan oleh 3 responden dimana responden tersebut merupakan petinggi departemen produksi setingkat *Manager Group Leader (GL)*, *Section Head* dan pelaksana lapangan. Ketiga responden

tersebut memberikan informasi dan kendala pada saat proses penambangan berlangsung. Penilaian nilai RPN dilakukan dengan menggunakan Persamaan (1) yaitu sebagai berikut.

$$R = S \times O \times D \tag{1}$$

Keterangan : S = *Severity* (Skala 1 -10)
 O = *Occurrence* (Skala 1 -10)
 D = *Detectionion* (Skala 1 -10)
 (Suseno & Kalid, 2022)

Adapun hasil dari penilaian RPN dari ketiga responden diketahui pada Tabel 2 .

Tabel 2. Hasil Pembobotan dan Perhitungan RPN

| Failure Mode | S | | | O | | | D | | | RPN | | | Rata – Rata |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| E1 | 8 | 8 | 10 | 9 | 8 | 10 | 1 | 10 | 10 | 72 | 640 | 1000 | 570,67 |
| E2 | 9 | 9 | 5 | 8 | 7 | 8 | 2 | 1 | 2 | 144 | 63 | 80 | 95,67 |
| E3 | 2 | 2 | 10 | 5 | 4 | 7 | 8 | 9 | 8 | 80 | 72 | 560 | 237,33 |
| E4 | 1 | 1 | 3 | 7 | 2 | 5 | 10 | 10 | 7 | 70 | 20 | 105 | 65,00 |
| E5 | 7 | 7 | 10 | 9 | 9 | 9 | 3 | 1 | 1 | 189 | 63 | 90 | 114,00 |
| E6 | 1 | 1 | 7 | 5 | 3 | 3 | 10 | 7 | 9 | 50 | 21 | 189 | 86,67 |
| E7 | 2 | 2 | 9 | 10 | 10 | 9 | 2 | 5 | 1 | 40 | 100 | 81 | 73,67 |
| E8 | 3 | 3 | 9 | 7 | 5 | 6 | 8 | 9 | 5 | 168 | 135 | 270 | 191,00 |
| E9 | 1 | 1 | 7 | 9 | 8 | 1 | 1 | 2 | 1 | 9 | 16 | 7 | 10,67 |
| E10 | 9 | 9 | 4 | 10 | 10 | 10 | 9 | 8 | 7 | 810 | 720 | 280 | 603,33 |
| E11 | 8 | 3 | 5 | 7 | 7 | 6 | 10 | 9 | 10 | 560 | 189 | 300 | 349,67 |
| E12 | 5 | 5 | 5 | 6 | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | 120 | 15 | 10 | 48,33 |
| E13 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 5 | 2 | 3 | 320 | 128 | 192 | 213,33 |
| E14 | 10 | 10 | 9 | 10 | 8 | 9 | 3 | 7 | 9 | 300 | 560 | 729 | 529,67 |
| E15 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 7 | 8 | 9 | 10 | 800 | 810 | 700 | 770,00 |
| E16 | 9 | 9 | 10 | 6 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 162 | 36 | 10 | 69,33 |
| E17 | 10 | 10 | 7 | 10 | 8 | 8 | 4 | 3 | 2 | 400 | 240 | 112 | 250,67 |
| E18 | 10 | 10 | 10 | 8 | 7 | 5 | 7 | 6 | 5 | 560 | 420 | 250 | 410,00 |
| E19 | 4 | 4 | 8 | 5 | 4 | 4 | 3 | 1 | 1 | 60 | 16 | 32 | 36,00 |
| E20 | 5 | 5 | 8 | 8 | 9 | 8 | 5 | 4 | 3 | 200 | 180 | 192 | 190,67 |
| E21 | 8 | 8 | 8 | 9 | 6 | 5 | 2 | 1 | 1 | 144 | 48 | 40 | 77,33 |
| E22 | 10 | 5 | 6 | 2 | 9 | 7 | 10 | 9 | 10 | 200 | 405 | 420 | 341,67 |
| E23 | 1 | 1 | 9 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 12 | 6 | 18 | 12,00 |
| E24 | 4 | 4 | 9 | 7 | 8 | 8 | 7 | 4 | 2 | 196 | 128 | 144 | 156,00 |

| Failure Mode | S | | | O | | | D | | | RPN | | | Rata – Rata |
|--------------|---|----|---|----|---|----|----|----|----|-----|-----|-----|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| E25 | 5 | 5 | 6 | 3 | 6 | 1 | 4 | 5 | 4 | 60 | 150 | 24 | 78,00 |
| E26 | 6 | 6 | 1 | 7 | 5 | 1 | 10 | 10 | 9 | 420 | 300 | 9 | 243,00 |
| E27 | 5 | 5 | 4 | 1 | 4 | 3 | 7 | 4 | 2 | 35 | 80 | 24 | 46,33 |
| E28 | 4 | 4 | 3 | 6 | 5 | 2 | 10 | 9 | 10 | 240 | 180 | 60 | 160,00 |
| E29 | 7 | 8 | 4 | 5 | 3 | 4 | 9 | 9 | 7 | 315 | 216 | 112 | 214,33 |
| E30 | 9 | 10 | 8 | 10 | 8 | 10 | 2 | 1 | 1 | 180 | 80 | 80 | 113,33 |

Selanjutnya untuk menentukan kegagalan dominan dari 30 jenis kegagalan yang ada maka digunakan prinsip Diagram Pareto yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pembobotan dan Perhitungan RPN berdasarkan Prinsip Pareto

| No | Failure Mode | RPN | Nilai Rata - Rata RPN | Nilai Kumulatif RPN | Persentase Kumulatif |
|----|--------------|-----|-----------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | E15 | 800 | 770 | 770 | 12.11 |
| 2 | E10 | 810 | 603.33 | 1373.33 | 21.60 |
| 3 | E1 | 72 | 570.67 | 1944 | 30.58 |
| 4 | E14 | 300 | 529.67 | 2473.67 | 38.91 |
| 5 | E18 | 560 | 410 | 2883.67 | 45.36 |
| 6 | E11 | 560 | 349.67 | 3233.34 | 50.86 |
| 7 | E22 | 200 | 341.67 | 3575.01 | 56.23 |
| 8 | E17 | 400 | 250.67 | 3825.68 | 60.17 |
| 9 | E26 | 420 | 243 | 4068.68 | 64.00 |
| 10 | E3 | 80 | 237.33 | 4306.01 | 67.73 |
| 11 | E29 | 315 | 214.33 | 4520.34 | 71.10 |
| 12 | E13 | 320 | 213.33 | 4733.67 | 74.46 |
| 13 | E8 | 168 | 191 | 4924.67 | 77.46 |
| 14 | E20 | 200 | 190.67 | 5115.34 | 80.46 |
| 15 | E28 | 240 | 160 | 5275.34 | 82.98 |
| 16 | E24 | 196 | 156 | 5431.34 | 85.43 |
| 17 | E5 | 189 | 114 | 5545.34 | 87.22 |
| 18 | E30 | 180 | 113.33 | 5658.67 | 89.01 |
| 19 | E2 | 144 | 95.67 | 5754.34 | 90.51 |
| 20 | E6 | 50 | 86.67 | 5841.01 | 91.87 |
| 21 | E25 | 60 | 78 | 5919.01 | 93.10 |
| 22 | E21 | 144 | 77.33 | 5996.34 | 94.32 |
| 23 | E7 | 40 | 73.67 | 6070.01 | 95.48 |
| 24 | E16 | 162 | 69.33 | 6139.34 | 96.57 |
| 25 | E4 | 70 | 65 | 6204.34 | 97.59 |
| 26 | E12 | 120 | 48.33 | 6252.67 | 98.35 |
| 27 | E27 | 35 | 46.33 | 6299 | 99.08 |
| 28 | E19 | 60 | 36 | 6335 | 99.64 |
| 29 | E23 | 12 | 12 | 6347 | 99.83 |
| 30 | E9 | 9 | 10.67 | 6357.67 | 100.00 |

Berdasarkan hasil pembobotan dan perhitungan RPN menggunakan Prinsip Pareto diketahui bahwa kegagalan dominan adalah E15 (770,00), E10 (603,33), E1 (570,67), E14 (529,67), E18 (410,06), E11 (349,67), E22 (341,67), E17 (250,67), E26 (243,00), dan E8 (191,00) yang dapat dilihat rangkumannya pada Tabel 4.

Tabel 4. Kegagalan Potensial

| No | Jenis Kegagalan | Simbol | RPN |
|----|--|--------|--------|
| 1 | Menumpuknya batu bara <i>reject</i> | E15 | 770,00 |
| 2 | Kegagalan terjadi karena <i>Quality Control</i> tidak diterapkan | E10 | 603,33 |
| 3 | Harga batu bara yang naik turun | E1 | 570,67 |
| 4 | Sumber buangan limbah yang dihasilkan proses produksi | E14 | 529,67 |
| 5 | Batu bara terbakar | E18 | 410,06 |
| 6 | Kesalahan dalam perencanaan eksplorasi | E11 | 349,67 |
| 7 | Batu bara mengalami oksidasi | E22 | 341,67 |
| 8 | Drynase <i>stockpile</i> buruk | E17 | 250,67 |
| 9 | Salah melakukan pendataan | E26 | 243,00 |
| 10 | Jumlah kendaraan (<i>Dumpk Truck</i>) tidak ideal | E8 | 191,00 |

Kemudian untuk meminimalisir unsur subjektifitas dari setiap responden maka dilakukan analisis ANOVA untuk membuktikan hasil penilaian valid dan tidak subjektif.

3.3. Analisa ANOVA

Selanjutnya analisa ANOVA dilakukan untuk melakukan perbandingan rata – rata dari dua sampel atau lebih. Pada penelitian ini, analisa ANOVA dilakukan untuk membandingkan nilai RPN dari 30 jenis kegagalan. Adapun hasil pengolahan analisa

ANOVA dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Output ANOVA

| Source of Variation | Sum of squares | df | Mean square | F | Sig-level |
|---------------------|----------------|----|-------------|--------|-----------|
| Between Groups | 659.313.788 | 9 | 73257,08765 | 1,5034 | 0,02 |
| Within Groups | 389.290.667 | 80 | 48728,63333 | | |
| Total | 455.760.456 | 89 | | | |

Berdasarkan hasil output ANOVA dapat diidentifikasi bahwa dari 30 jenis kegagalan potensial yang ada tidak memiliki nilai RPN yang sama. Hal ini dibuktikan dengan nilai signifikansi level sebesar 0,02 yang lebih kecil dari 0,05 sebagai toleransi kesalahan dalam penelitian ini.

3.4. Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil FGD yang telah dilakukan, dapat disusun suatu usulan perbaikan untuk mengatasi sepuluh masalah utama yang berkaitan dengan *reject* dan *losses* pada batu bara. Berikut adalah usulan perbaikan yang telah disusun.

1. Perlu melakukan penolakan dan segera melakukan perbaikan kondisi terhadap batu bara *down grade* dengan di atur secara berkala sehingga kualitas batu bara tidak menurun.
2. Melakukan *update* atau menambahkan SOP terbaru sesuai kondisi di lapangan.
3. Solusi jangka panjang yang harus dipastikan adalah perlu adanya upaya untuk memasok batu bara yang cukup sehingga tidak berkurangnya pemenuhan batu bara untuk di jual.
4. Pengecekan berkala dan monitoring, mengolah limbah sisa, pelaksanaan reklamasi.
5. Penggunaan larutan polimer sehingga limbah yang dihasilkan tetap stabil.
6. Mengurangi gangguan di permukaan lokasi tambang, menurunkan risiko erosi pada tanah, dan memindahkan sedikit material untuk ditimbun kembali. Proses pertambangan berkelanjutan ini membantu efisiensi dalam revegetasi tanaman.
7. Melakukan penyemprotan *chemical self combustion inhibitor* bertujuan untuk

melapisi seluruh permukaan batu bara sehingga batu bara tidak terekspos langsung dengan udara atau oksigen sehingga dapat meminimalisir proses oksidasi.

8. Pihak PT XYZ melakukan perawatan *dynase* di area *stockpile* secara berkala.
9. Mengaktifkan selalu penggunaan notification sehingga pada saat melakukan pendataan tidak salah.
10. Melakukan pengecekan ketersediaan transportasi (*Dumptruck*) sebelum melakukan proses penambangan untuk memastikan apakah sudah mencukupi untuk melaksanakan produksi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan temuan penelitian, beberapa faktor utama yang berkontribusi terhadap kegagalan pemenuhan kualitas batu bara di PT XYZ meliputi penumpukan batu bara *reject*, kurangnya penerapan sistem Quality Control, fluktuasi harga batu bara, pengelolaan limbah yang tidak optimal, kesalahan dalam perencanaan eksplorasi, terjadinya oksidasi pada batu bara, prosedur drainase *stockpile* yang tidak memadai, kesalahan pencatatan, serta jumlah kendaraan *dump truck* yang tidak mencukupi. Sebagai rekomendasi, perusahaan disarankan untuk memperkuat sistem pengendalian kualitas, memperbaiki perencanaan eksplorasi, dan melakukan perawatan infrastruktur tambang secara berkala. Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat mengeksplorasi penerapan teknologi yang lebih baik dalam manajemen limbah dan transportasi untuk mengurangi *reject* batu bara dan meningkatkan efisiensi operasional.

Daftar Pustaka

Ayu Lestari, F., & Purwatmini, N. (2021). Pengendalian Kualitas Produk Tekstil Menggunakan Metoda DMAIC. *Jurnal Ecodemica: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Dan Bisnis*, 5(1), 79–85. <http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/ecodemica>

Azhari, R. D., & Nugroho, E. S. (2022). Kondisi Keuangan Perusahaan Batu Bara

Yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia. *Journal of Economic, Management, Accounting and Technology*, 5(1), 34–43.

<https://doi.org/10.32500/jematech.v5i1.1878>

Azzahra, A. M. (2024). Penilaian Risiko menggunakan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) terkait Kontaminasi Silang pada Area Pengemasan di Industri Farmasi “XYZ.” *OBAT: Jurnal Riset Ilmu Farmasi Dan Kesehatan*, 2(5), 01–11. <https://doi.org/10.61132/obat.v2i5.600>

Fernandi, R. (2022). Analisis Resiko Kegagalan Proses Kain Jadi Polyester Menggunakan Metode Fmea Pada PT XYZ Karawang. *Syntax Idea*, 4(6), 941–950. <https://doi.org/10.36418/syntax-idea.v%vi%i.1854>

Haqiqie, A. R., Husni, A., & Nursani, R. (2024). Determination of Coal Quality Using Proximate Analysis at PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Site, South Sumatra. *Pondasi*, 2(1).

Haryono, Affandi, S., & Subroto, G. (2022). Pengembangan Konsep Cleaner Drilling Berdasarkan Studi Kasus Pengeboran Minyak di Perusahaan “XXX” Menggunakan Pendekatan FMEA. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan X 2022*, 1–7.

Hermawan, A., & Akmal, R. (2022). Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Pada Mesin Adhesive Di PT. Asia Chemical Industry. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri Jurnal Taguchi*, 2(2), 197–220. <https://doi.org/10.46306/tgc.v2i2>

Juwito, O. A., & Al-Faritsy, A. Z. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Cacat Produk Dengan Metode Six Sigma Di UMKM Makmur Santosa. *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(12). <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>

Luthfi, A., Falah, N., Arief, K., & Sa'id Riginianto, R. (2023). Analisis

- Pengendalian Kualitas Pada Tempe Menggunakan Metode Seven Tools Dan FMEA. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 2(3), 212–223.
- Putri, N. T. (2022). *Manajemen Kualitas Produk dan Jasa* (1st ed.). Andalas University Press.
- Rahmalia Putri, A., Razaq, S., Fijra, R., Artikel, I., Anindita,), & Putri, R. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Produk X Pada PT XYZ Menggunakan Metode DMAIC Quality Control on Product X at XYZ Company Using The DMAIC Method. *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 08(02), 55.
- Shiyamy, A. F., Rohmat, S., & Sopian, A. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Statistical Process Control. *Komitmen: Jurnal Ilmiah Manajemen*, 2(2), 32–45.
- Suseno, O., & Kalid, S. I. (2022). Pengendalian Kualitas Cacat Produk Tas Kulit Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (MEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Di PT Mandiri Jogja Internasional. *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(6). <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>
- Sutiono, I. F., Widiyaningrum, D., & Andesta, D. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Pagar Di UD. Moeljaya Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode And Effect Analysis). *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, 17(2), 13–24.
- Wicaksono, A., & Yuamita, F. (2022). Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Untuk Meminimumkan Cacat Kaleng Di PT. Maya Food Industries. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan / JTMIT*, 1, 1–6.

Penerapan Metode FMEA dalam Analisis Six Sigma untuk Menurunkan Resiko Kegagalan Produk di PT XYZ

Jessica Clarissa Soejanto¹⁾, Yurida Ekawati²⁾*

*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Ma Chung
Villa Puncak Tidar N-1, Malang, 65151, Indonesia^{1,2)}
E-Mail : yurida.ekawati@machung.ac.id²⁾**

ABSTRAK

Departemen Fiber merupakan salah satu departemen yang ada di PT. XYZ yang memproduksi panel dan peralatan bus. Berdasarkan data produksi fiber selama dua bulan terdapat 92 cacat dari 547 produk yang dihasilkan. Walaupun perusahaan belum memiliki standar, namun jumlah cacat tersebut dianggap cukup besar, oleh karena itu perlu dilakukan analisis untuk mengetahui penyebab cacat tersebut dan melakukan perbaikan untuk mengatasinya. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis penyebab cacat produk melalui analisis penyebab dan dampak kegagalan pada proses produksi serta memprioritaskan perbaikan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada siklus DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improve*) Six Sigma. Terdapat tujuh jenis cacat pada produk dalam proses produksi yaitu tebal fiber tidak sesuai standar, tekstur fiber tidak rata, terdapat bercak putih pada fiber, fiber tidak kering secara sempurna, fiber *reject* (cair/terbakar), hasil dempul yang tidak sempurna, dan hasil cat yang tidak sesuai standar. Rekomendasi perbaikan dilakukan untuk meningkatkan kualitas berdasarkan nilai RPN sedang sampai tinggi dari FMEA. Beberapa usulan perbaikan yang diterapkan adalah pencegahan kegagalan tekstur permukaan fiber, pencegahan kegagalan akibat kesalahan campuran katalis dan pencegahan kegagalan hasil dempul. Penerapan usulan perbaikan tersebut dapat menurunkan nilai DPMO dari 24.027 menjadi 6.543 dan meningkatkan level sigma dari 3,48 menjadi 3,98.

Kata kunci: FMEA, Six Sigma, Resiko Kegagalan, DPMO

ABSTRACT

The Fiber Department was one of the departments at PT. XYZ produces bus panels and equipment. Based on fiber production data for two months, there were 92 defects out of 547 products produced. Even though the company did not yet have standards, the number of defects was considered quite large, therefore it was necessary to carry out an analysis to find out the causes of these defects and make improvements to overcome them. The aim of this research was to analyze the causes of product defects through analyzing the causes and impact of failures in the production process and prioritizing improvements using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method in the Six Sigma DMAI (Define, Measure, Analyze, Improve) cycle. The seven types of defects in products in the production process were fiber thickness not according to standards, uneven fiber texture, white spots on the fiber, fiber not drying completely, fiber reject (liquid/burnt), imperfect putty results, and paint results. which was not up to standard. Recommendations for improvements were made to improve quality based on moderate to high RPN values from FMEA. Some of the proposed improvements implemented were preventing failure of the fiber surface texture, preventing failure due to an error in the catalyst mixture and preventing failure of the putty product. Implementation of the proposed improvements can reduce the DPMO value from 24,027 to 6,543 and increase the sigma level from 3.48 to 3.98.

Keywords: FMEA, Six Sigma, Failure Risk, DPMO

1. Pendahuluan

Kualitas produk menjadi hal yang penting bagi perusahaan karena kualitas produk akan mempengaruhi kepuasan konsumen (Daga, 2017). Selain itu kualitas produk menjadi faktor penting yang mempengaruhi keputusan pelanggan dalam membeli sebuah produk (Ernawati, 2019). Jadi, kualitas menjadi hal yang penting untuk menjaga kepercayaan pelanggan dan menjadi strategi perusahaan dalam persaingan bisnis. Untuk mendapatkan respon baik dari konsumen, perusahaan harus dapat mengendalikan kualitas agar sesuai dengan standar (Montgomery, 2009).

Pengendalian kualitas dapat meminimalkan kegagalan pada proses produksi yang akan mengurangi banyaknya cacat pada produk yang dihasilkan. Kualitas produk memiliki delapan dimensi yaitu *performance*, *features*, *reliability*, *conformance*, *durability*, *serviceability*, *aesthetic*, *perceived quality* (Garvin, 1987 dalam Montgomery, 2009). Kualitas produk yang dihasilkan perusahaan biasanya terdapat variasi atau keragaman. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, di mana faktor tersebut akan menentukan bahwa suatu produk dikatakan memenuhi standar atau tidak (Dharmawan & Ekawati, 2014). Faktor-faktor tersebut seperti manusia, prosedur kerja, uang, bahan baku, dan mesin atau peralatan.

Cacat pada produk adalah hal yang sering dijumpai pada proses produksi, termasuk di PT. XYZ yang bergerak dalam bidang karoseri bus dan minibus. Salah satu departemen pada PT XYZ adalah departemen fiber yang memproduksi *body* dan perlengkapan bus dan minibus dengan bahan baku *fiber glass*. Hasil produk departemen fiber diantaranya adalah toilet, *dashboard*, *front panel*, *back panel*, kap mesin, dan bagasi belakang. Masih banyak cacat pada produk yang dihasilkan oleh Departemen Fiber. Cacat pada produk yang dihasilkan departemen tersebut akan berdampak pada hasil kualitas bus dan minibus yang diproduksi. Selain itu, cacat pada produk juga akan berdampak pada penambahan waktu,

material, dan jam kerja pada proses produksi karena produk cacat tersebut akan dilakukan *rework* atau pengerjaan ulang dan jika kerusakan produk parah maka produk tersebut harus dibuang. Jumlah cacat pada produk di Departemen Fiber selama dua bulan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Total Cacat Produk pada Departemen Fiber

| Item | Jumlah Produk | Jumlah Cacat |
|--------------------|---------------|--------------|
| <i>Back panel</i> | 107 | 22 |
| <i>Front panel</i> | 107 | 25 |
| <i>Dashboard</i> | 107 | 15 |
| Toilet | 12 | 6 |
| Bagasi belakang | 107 | 15 |
| Kap mesin | 107 | 9 |
| Total | 547 | 92 |

Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa masih terdapat cukup banyak cacat pada produk yang dihasilkan yakni 92 cacat dalam 547 total produk yang diproduksi. Walaupun perusahaan tidak menargetkan minimum jumlah cacat sebagai standar, manajer produksi menganggap jumlah tersebut cukup besar dan perlu adanya perbaikan kualitas pada proses produksi untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Untuk itu perlu adanya analisis akar penyebab permasalahan untuk dapat mengurangi penyebab permasalahan cacat pada produk. Analisis penyebab permasalahan merupakan bagian dari perbaikan proses pada manajemen kualitas. Tujuan dari sistem manajemen kualitas adalah untuk menetapkan standar untuk memastikan dalam proses produksi akan menggunakan informasi, metode, keterampilan dan kontrol yang sama dan diterapkan secara konsisten (Dale, 2003).

Perbaikan kualitas tersebut dapat dilakukan menggunakan metode Six Sigma dengan siklus *Define, Measure, Analyze, dan Improve* (DMAI). Konsep dalam analisis Six Sigma adalah identifikasi permasalahan, potensi kegagalan dan perbaikan proses secara terus-menerus hingga mencapai target *Six Sigma* (Gaspersz, 2002). Tahapan dalam metode *Six Sigma* seringkali memanfaatkan

metode lain seperti *seven tools* dan *Failure mode and effect analysis* (FMEA). Modus potensi kegagalan dapat disebabkan oleh, misalnya, kesalahan pemasangan komponen oleh operator, atau variasi kinerja peralatan, atau data yang dimasukkan secara tidak benar ke dalam sistem oleh operator (Aldridge & Dale, 2003). FMEA dapat digunakan dalam mengidentifikasi kesalahan dalam proses produksi (Wardana, Sulastri, & Hasanah, 2019; Prasetya, Suhermanto, & Muryanto, 2021). Penggunaan FMEA menjadi alat bantu untuk meningkatkan perencanaan kualitas yang dapat diterapkan pada berbagai macam masalah yang mungkin terjadi dalam produk, layanan, proses, atau fungsi bisnis yang lain (Tang, 2022). Fokus utama dari metode FMEA menurut Stamatis (2015) adalah untuk perbaikan proses.

FMEA dapat digunakan pada tahap *analyze* (Ellianto, Santoso, & Sonief, 2015) maupun pada tahap *improve* (Lutfianto & Prabowo, 2022; Hanifah & Iftadi, 2022) dari siklus *Six Sigma*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab cacat produk melalui analisis penyebab dan dampak kegagalan pada proses produksi serta memprioritaskan perbaikan menggunakan metode FMEA pada siklus DMAI Six Sigma. Hasil penelitian ini berkontribusi pada alternatif pemanfaatan metode FMEA dalam siklus *Six Sigma* untuk memperbaiki kualitas produk.

2. Metodologi

Terdapat beberapa tahapan untuk mencegah atau mengurangi resiko kegagalan pada proses produksi di Departemen Fiber PT XYZ. Tahapan yang digunakan adalah siklus DMAI dari *Six Sigma*.

2.1 Tahap Penentuan Masalah (*define*)

Pada tahap pertama yaitu tahap penentuan permasalahan untuk diselesaikan (*Define*) yaitu melalui observasi dan wawancara dengan dengan operator dan supervisor di Departemen Fiber mengenai permasalahan yang terdapat di departemen

tersebut. Selain itu penentuan masalah juga didukung dengan data cacat tiap produk dan data produksi tiap produk fiber yang diperoleh dari catatan atau laporan yang telah dimiliki perusahaan.

2.2 Tahap Pengukuran (*measure*)

Pada tahap kedua yaitu tahap pengukuran terhadap masalah yang telah ditentukan (*Measure*) dilakukan dengan cara menghitung nilai DPO (*Defects per Oportunities*), nilai DPMO (*Defects per Million Opportunities*) dan nilai level sigma untuk mengetahui baik/buruknya kualitas proses produksi fiber. Formula untuk menghitung DPO, DPMO dan Level Sigma ada pada Persamaan (1), (2), dan (3).

$$DPO = \frac{\text{Total number of defects}}{\text{Number units} \times \text{Number opportunities}} \dots\dots\dots(1)$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Level Sigma} = \text{NORMSINV} \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1.5 \dots\dots\dots(3)$$

2.3 Tahap Analisis (*analyze*)

Selanjutnya, tahap analisis penyebab permasalahan (*Analyze*) dilakukan dengan menggunakan metode FMEA untuk menganalisis resiko kegagalan dan sebagai alat untuk menentukan tingkat prioritas perbaikan.

2.4 Tahap Perbaikan Proses (*improve*)

Terakhir adalah tahap perbaikan proses (*Improve*) yang merupakan tahapan untuk meningkatkan kualitas yaitu rekomendasi usulan perbaikan dan penerapan usulan perbaikan tersebut. Untuk mengetahui peningkatan kualitas produk hasil perbaikan proses produksi dilakukan penghitungan nilai DPMO dan level sigma dari hasil penerapan perbaikan proses tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dan pembahasannya dijelaskan menggunakan siklus DMAI dari *Six Sigma* seperti berikut.

3.1. Tahap *Define*

Dari hasil pengamatan dan wawancara dengan operator dan supervisor di Departemen Fiber diidentifikasi tujuh jenis cacat pada produk (Tabel 1). Jenis cacat yang ada adalah tebal fiber tidak sesuai standar, tekstur fiber tidak rata, terdapat bercak putih pada fiber, fiber tidak kering secara sempurna, fiber *reject* (cair/terbakar), hasil dempul yang tidak sempurna, dan hasil cat yang tidak sesuai standar. Tebal fiber yang tidak sesuai standar terjadi apabila ketebalan produk lebih atau kurang dari 1 mm dari standar yang ada sehingga nanti akan berakibat pada saat proses produksi bus. Tekstur permukaan fiber tidak rata adalah cacat dimana terdapat gelembung udara dalam fiber sehingga terdapat lubang atau cekungan pada permukaan fiber sehingga berakibat juga pada permukaan hasil cetakan fiber. Bercak putih adalah cacat adanya bercak putih yang akan muncul saat fiber telah kering. Fiber tidak kering sempurna merupakan cacat di mana hasil cetakan fiber yang tidak kering sesuai TDS resin atau dengan kata lain memerlukan waktu lebih untuk kering. Produk *reject* (cair/terbakar) yakni cacat di mana fiber tidak dapat mengering (cair) atau fiber terbakar dan rapuh sehingga produk tidak dapat digunakan kembali. Hasil dempul tidak sempurna adalah cacat di mana dempul tidak dapat menempel pada permukaan fiber dan menghambat proses dempul. Hasil cat kurang sempurna adalah cat yang pudar atau kurang menutup permukaan.

3.2. Tahap *Measure*

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan nilai DPMO dan nilai level sigma. Perhitungannya menggunakan rumus DPO, DPMO, dan konversi nilai sigma yaitu sebagai berikut:

1. DPO (*Defect per Opportunities*)

$$\begin{aligned} \text{DPO} &= \frac{92}{547 \times 7} \\ &= 0,024027161 \end{aligned}$$

2. DPMO (*Defect per Million Opportunities*)

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \text{DPO} \times 1.000.000 \\ &= 0,024027161 \times 1.000.000 \\ &= 24.027 \end{aligned}$$

Nilai DPMO masih tinggi yaitu sebesar 24.027 yang berarti bahwa suatu produk memiliki potensi sebesar 24.027 kegagalan dalam satu juta kesempatan.

Level *Sigma* didapatkan dari konversi nilai DPMO yang dihitung menggunakan *Ms. Excel* dengan rumus, dengan DPMO sebesar 24.027. Kemudian diperoleh level sigma sebesar 3,48 sigma. Oleh karena itu, level sigma yang telah dicapai perusahaan masih perlu diperbaiki karena masih jauh dari level 6 sigma.

3.3. Tahap *Analyze*

Analisis FMEA pada proses produksi fiber dapat dilihat pada Tabel 2. Potensi kegagalan akan berdampak pada cacat produk. Dari tabel FMEA yang telah dibuat dapat diketahui jenis cacat yang berisiko tinggi berdasarkan nilai RPN. Angka dan nilai pembobotan yang digunakan untuk menentukan nilai RPN (S,O,D) diperoleh dari hasil observasi dan wawancara kepada operator dan *foreman* yang kemudian divalidasi oleh Kepala Bagian Produksi. Prioritas perbaikan ditentukan berdasarkan nilai RPN dimana semakin tinggi nilai RPN maka semakin besar risiko kegagalan yang akan terjadi. Oleh karena itu, perbaikan akan diprioritaskan untuk ditangani pada potensi kegagalan dengan nilai RPN tinggi.

Tabel 2. Analisis FMEA

| Potential Failure | Potential Effect | Potential Cause | Failure Control | S | O | D | RPN | Action |
|---|---|--|---|----|---|---|-----|---|
| Matras cetakan retak | Permukaan hasil cetakan fiber tidak rata | Fiber lengket pada matras cetakan | | 6 | 4 | 2 | 48 | Melakukan perbaikan terhadap matras cetakan dengan menambal matras atau menghaluskan permukaan matras dengan gerinda |
| Matras cetakan terkikis | Permukaan hasil cetakan fiber tidak rata | Matras sering digunakan dan tidak ada penjadwalan perbaikan matras | Menambal matras dengan malam/plastisin | 6 | 4 | 2 | 48 | |
| Fiber terkena air pada saat proses pencetakan | Fiber rusak dan terdapat bercak putih pada bagian yang terkena air | Air pada mesin kompresor penuh sehingga saat proses <i>spray</i> air ikut tercampur pada serat fiber | Pembuangan air pada kompresor secara terjadwal | 5 | 5 | 4 | 100 | - Pengadaan mesin <i>air dryer</i> untuk menghilangkan air pada mesin kompresor - Pembuatan <i>form checklist</i> pengurusan air mesin kompresor |
| Pemberian katalis melebihi standar | Fiber <i>reject</i> karena hasil cetak terbakar dan rapuh | | | 10 | 2 | 8 | 160 | Pengadaan gelas takar untuk mengukur jumlah katalis |
| Pemberian katalis kurang dari standar | Perlu waktu lebih lama untuk menunggu fiber kering | Tidak ada alat takar katalis | Pemberian katalis sesuai intuisi | 3 | 4 | 8 | 96 | |
| Pemberian katalis kurang dari standar | Perlu waktu lebih lama untuk menunggu fiber kering | Pompa katalis pada mesin kompresor bermasalah | Melakukan pengecekan mesin kompresor | 3 | 5 | 8 | 120 | Pengadaan <i>maintenance</i> mesin kompresor secara terjadwal |
| Pemberian katalis tertukar dengan aseton (katalis 0%) | Fiber <i>reject</i> karena hasil cetak tidak dapat kering | Bentuk wadah antara aseton dan katalis yang sama, dan operator tidak teliti | Melihat tulisan pada wadah sebelum menuangkan cairan | 10 | 3 | 3 | 90 | Pengadaan wadah dengan bentuk yang berbeda untuk aseton agar tidak tertukar dengan katalis |
| Ketebalan cairan <i>epoxy</i> kurang dari standar | Permukaan fiber tidak rata/ berkerut | Tidak ada alat untuk menakar jumlah cairan <i>epoxy</i> | Pemberian cairan <i>epoxy</i> sesuai intuisi | 6 | 2 | 2 | 24 | Pengadaan takaran untuk cairan <i>epoxy</i> |
| Ketebalan fiber melebihi standar | Fiber terlalu tebal sehingga tidak dapat dipasang pada rangka <i>body bus</i> | Ketebalan cairan <i>epoxy</i> lebih dari standar | Pemberian cairan <i>epoxy</i> sesuai intuisi | 6 | 2 | 4 | 48 | - Memberi pelatihan pada semua operator - Menggunakan alat bantu jarum untuk mengecek ketebalan fiber |
| | | Pemberian serat fiber dan resin yang terlalu banyak | Pelapisan serat fiber dan pengolesan resin sesuai intuisi | 6 | 3 | 4 | 72 | |
| Ketebalan fiber kurang dari standar | Fiber terlalu tipis sehingga menjadi rapuh ketika akan dipasang | Pemberian serat fiber dan resin kurang dari standar | Pelapisan serat fiber dan pengolesan resin sesuai intuisi | 6 | 3 | 4 | 72 | - Memberi pelatihan pada semua operator - Menggunakan alat bantu jarum untuk mengecek ketebalan fiber |

| <i>Potential Failure</i> | <i>Potential Effect</i> | <i>Potential Cause</i> | <i>Failure Control</i> | S | O | D | RPN | <i>Action</i> |
|--|--|---|---|---|---|---|-----|--|
| Terdapat gelembung udara pada bagian siku | Bentuk siku Fiber memiliki lubang kecil/keropos | operator kurang ahli sehingga pemberian <i>talc</i> pada bagian siku tidak rata | Memperhatikan jumlah <i>talc</i> yang diberikan | 6 | 7 | 6 | 252 | Memberi pelatihan pada semua operator untuk meningkatkan kemampuan operator |
| Terdapat gelembung udara yang terjebak dalam fiber | Fiber menjadi keropos/ memiliki lubang-lubang kecil pada permukaan fiber | Alat rol kotor | Melakukan pembersihan alat rol secara berkala | 6 | 7 | 3 | 126 | Pembuatan <i>form checklist</i> untuk proses pengecekan pembersihan alat rol |
| Terdapat gelembung udara yang terjebak dalam fiber | Fiber menjadi keropos/ memiliki lubang-lubang kecil pada permukaan fiber | Operator kurang ahli sehingga proses pengerolan yang tidak rata | Melakukan proses pengerolan secara teliti sehingga tidak ada bagian yang terlewat | 6 | 7 | 6 | 252 | Memberi pelatihan pada semua operator untuk meningkatkan kemampuan operator |
| Terdapat sisa malam pada permukaan fiber | Hasil dempul tidak sempurna karena dempul tidak dapat menempel pada fiber dan menghambat proses pendempulan Hasil cat menjadi tidak sempurna karena cat tidak dapat kering | Operator <i>finishing</i> kurang teliti dalam membersihkan fiber | Operator melakukan inspeksi sebelum barang memasuki proses dempul | 6 | 6 | 3 | 108 | - Penambahan tugas <i>Quality Assurance</i> untuk memeriksa hasil produk dari proses <i>finishing</i> ke proses dempul - Membuat <i>form checklist</i> untuk memeriksa produk |
| Jumlah <i>hardener</i> kurang | Hasil dempul tidak sempurna karena dempul menjadi encer dan susah kering | Operator tidak berpengalaman (operator baru) | Melihat warna dan kekentalan dempul sesuai intuisi | 6 | 1 | 1 | 6 | Pengadaan cup takaran untuk menentukan banyaknya dempul dan <i>hardener</i> |
| Jumlah <i>Thiner</i> kurang dari standar | Cat encer menyebabkan daya tutup cat kurang | | | 5 | 2 | 3 | 30 | |
| Jumlah <i>Thiner</i> lebih dari standar | Cat kental menyebabkan hasil cat kasar/ bermotif jeruk | Tidak ada alat takaran dan alat untuk mengukur viskositas cat | Operator mencampur cat, <i>thiner</i> , dan <i>hardener</i> dan mengatur viskositas | 5 | 2 | 3 | 30 | - Pengadaan gelas ukur untuk melihat perbandingan takaran <i>thiner</i> , <i>hardener</i> , dan cat - Pengadaan pengukur viskositas cup |
| Jumlah <i>Hardener</i> lebih dari standar | <i>Hardener</i> berlebihan menyebabkan cat pudar | | | 5 | 2 | 3 | 30 | |

Tabel 3. Nilai RPN Sedang dan Tinggi

| Jenis Cacat | Penyebab | Nilai RPN | Kategori |
|--|--------------------------------|-----------|----------|
| Kegagalan fiber keropos | Operator kurang ahli | 256 | Tinggi |
| | Alat rol kotor | 126 | Sedang |
| Kegagalan bercak putih | Air pada mesin kompresor penuh | 100 | Sedang |
| Kegagalan fiber tidak kering dengan sempurna | Pompa Katalis bermasalah | 120 | Sedang |
| Kegagalan fiber <i>reject</i> | Tidak ada alat takar katalis | 160 | Sedang |
| Kegagalan hasil dempul | Terdapat sisa malam | 108 | Sedang |

Berdasar hasil FMEA nilai RPN yang tergolong sedang sampai tinggi dipilih untuk dilakukan proses perbaikan. Tabel 3 menunjukkan kegagalan dengan nilai RPN sedang hingga tinggi pada setiap jenis cacat.

3.4. Tahap Improve

Implementasi usulan perbaikan yang dilakukan adalah perbaikan untuk mengatasi permasalahan tinggi dan sedang berdasar Tabel 3 dimana usulan perbaikan berada pada Tabel 2 kolom *Action* atau tindakan. Namun, beberapa usulan tindakan perbaikan seperti pelatihan karyawan dan *maintenance* mesin secara terjadwal tidak dapat dilakukan pada waktu penelitian ini dilakukan. Hal tersebut dikarenakan untuk pelatihan karyawan perusahaan memerlukan biaya dan waktu tambahan.

Penerapan pertama adalah untuk usulan pencegahan kegagalan tekstur permukaan fiber akibat penggunaan alat rol kotor. Hal tersebut dapat menjadikan udara yang terjebak dalam fiber tidak dapat keluar sepenuhnya. Oleh sebab itu, penting untuk operator membersihkan alat rol sebelum melakukan proses mencetak. Untuk memastikan operator melakukan pembersihan alat rol dibuat *form checklist* pembersihan alat rol seperti terlihat pada Gambar 1.

| Tanggal | Pembersihan Alat Rol | Paraf | | Keterangan |
|---------|----------------------|----------|---------|------------|
| | | Operator | Foreman | |
| | | | | |
| | | | | |

Gambar 1. Form *Check List* Pembersihan Alat Rol

Selanjutnya, adalah kegagalan akibat kesalahan campuran katalis dapat disebabkan tidak adanya takaran untuk mengukur banyaknya katalis yang diperlukan. Selain itu,

kesalahan fatal lainnya karena adanya wadah antara katalis dan aseton yang sama. Sehingga menyebabkan dapat tertukarnya pemberian antara katalis dengan aseton dan menjadikan produk *reject*. Oleh sebab itu, dari kedua masalah tersebut diberikan usulan perbaikan berupa pengadaan alat takar berupa gelas ukur dan penggantian wadah aseton (Gambar 2).



Gambar 2. (A) Alat Takar dan (B) Wadah Katalis

Kemudian adanya kegagalan bercak putih yang terjadi karena air pada mesin kompresor yang penuh, sehingga penting bagi operator untuk menguras air mesin kompresor secara teratur. Untuk itu diberikan usulan perbaikan berupa *form check list* untuk pengurasan air pada mesin (Gambar 3). Alternatif lain untuk mengatasi hal tersebut perusahaan juga dapat menggunakan mesin *air dryer* untuk menghilangkan kandungan air pada mesin kompresor. Akan tetapi, hal tersebut tidak dapat diterapkan karena perlu biaya yang cukup besar untuk pengadaan mesin *air dryer*.

| Form <i>Checklist</i> Kompresor | | | | |
|---------------------------------|-------------------------|--|--|---------------|
| Tanggal | Waktu Pengurasan Tabung | | | Paraf Foreman |
| | | | | |
| | | | | |

Gambar 3. Form *Check List* Pengurasan Mesin Kompresor

Selanjutnya adalah kegagalan hasil dempul akibat adanya sisa malam terjadi karena operator *finishing* yang tidak membersihkan sisa malam pada permukaan fiber. Sehingga untuk mengurangi terjadinya hal ini diberikan usulan perbaikan berupa *form* pengecekan pemeriksaan hasil produksi dari proses *finishing* seperti terlihat pada Gambar 4.

| | | | |
|----------|--------------|---------|----|
| Produk : | | | |
| Tanggal | No. Produksi | Paraf | |
| | | Foreman | QC |
| | | | |
| | | | |

Gambar 4. *Form* Pengecekan Hasil *Finishing*

Penerapan usulan perbaikan dilaksanakan selama satu bulan. Jumlah cacat pada produk selama penerapan perbaikan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Jumlah Cacat pada Produk Setelah Implementasi Usulan Perbaikan

| Item | Total | Jenis Cacat | | | | | | | Total |
|-----------------|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | | A | B | C | D | E | F | G | |
| Front Panel | 50 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| Back Panel | 50 | 0 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 0 | 4 |
| Dashboard | 45 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Toilet | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kap Mesin | 50 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Bagasi Belakang | 50 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Total | 262 | 0 | 4 | 3 | 2 | 0 | 3 | 0 | 12 |

Keterangan:

- A = Kegagalan ketebalan fiber
- B = Kegagalan tekstur permukaan fiber
- C = Kegagalan bercak putih pada fiber
- D = Kegagalan fiber tidak kering sempurna
- E = Kegagalan Fiber *reject* (cair/terbakar)
- F = Kegagalan hasil dempul
- G = Kegagalan hasil cat

Dari data tersebut maka dapat dihitung untuk nilai DPMO dan level sigma setelah adanya perbaikan.

1. DPMO

Nilai DPMO diperoleh dari rumus (2), diperoleh nilai sebesar 6.543. Nilai DPMO dapat dibilang masih tinggi yaitu

sebesar 6.543 namun nilai DPMO setelah perbaikan tersebut mengalami penurunan dibanding nilai DPMO sebelum perbaikan yakni sebesar 24.027.

2. Nilai level *Sigma* setelah proses perbaikan dihitung menggunakan *Ms. Excel* dengan rumus (3), dengan DPMO sebesar 6.543 adalah sebesar 3,98. Nilai level sigma juga mengalami peningkatan, yang awalnya 3,48 menjadi 3,98. Jadi level sigma mengalami peningkatan sebesar 0,5. Sehingga dengan adanya perbaikan atau tindakan pencegahan yang diterapkan dapat menaikkan nilai level *sigma*.

Penurunan DPMO dan kenaikan level sigma diperkirakan akan lebih tinggi jika usulan perbaikan dengan RPN tinggi yaitu pelatihan karyawan dapat dilaksanakan, apalagi jika semua usulan perbaikan dapat dilaksanakan.

3.5 Keterbatasan Penelitian

Metode yang digunakan untuk penyelesaian masalah pada penelitian ini adalah siklus DMAI dari *Six Sigma*. Tahap *Control* tidak dimasukkan karena keterbatasan waktu penelitian untuk menerapkan proses kontrol. Namun untuk mempertahankan proses perbaikan yang telah dilakukan, tahap *control* yang diusulkan adalah pembuatan form *quality control* yang berisi kode produk, proses, toleransi, ketidaksesuaian, frekuensi, penanggungjawab dan tindakan kontrol yang diperlukan.

4. Kesimpulan

Metode FMEA yang digunakan untuk menganalisis potensi kegagalan yang terjadi pada proses produksi fiber dapat meningkatkan kualitas produk melalui analisis pada siklus DMAI *Six Sigma*. FMEA digunakan untuk menentukan prioritas kegagalan berdasarkan nilai RPN dengan kategori sedang hingga tinggi. Peningkatan kualitas dilakukan dengan penerapan usulan perbaikan untuk dapat mengatasi permasalahan produk cacat. Rekomendasi perbaikan yang diterapkan adalah *form*

checklist pembersihan alat rol, pengadaan alat takar berupa gelas ukur dan penggantian wadah aseton, form check list untuk pengurasan air pada mesin, dan pembuatan form untuk pembersihan peralatan produksi. Hasil penerapan terdapat penurunan nilai DPMO dan peningkatan nilai level sigma. Nilai awal DPMO adalah sebesar 24.027 menurun menjadi 6.543 setelah penerapan perbaikan. Sedangkan, nilai level sigma awalnya bernilai 3,48 sesudah penerapan meningkat menjadi 3,98. Berdasarkan hasil tersebut terbukti bahwa penerapan usulan perbaikan yang dilakukan dapat meningkatkan kualitas produk fiber. Agar peningkatan kualitas lebih baik lagi maka disarankan pihak Perusahaan untuk menerapkan semua usulan perbaikan yang diberikan.

Daftar Pustaka

- Aldridge, J. R. & Dale, B. G. (2003). *Failure Mode and Effects Analysis*. Dalam Dale, B. G. *Managing Quality* (pp 387-401). 4th edition. USA: Blackwell Publishing.
- Daga, R. (2017). *Citra, Kualitas Produk, dan Kepuasan Pelanggan*. Makassar: Gopal Research and Consulting Institute
- Dale, B. G. (2003). *Quality Management System*. Dalam Dale, B. G. *Managing Quality* (pp 261-281). 4th edition. USA: Blackwell Publishing.
- Dharmawan, L. D. & Ekawati, Y. (2014). Peningkatan Kualitas Knalpot pada PT Fajar Indah Menggunakan Metode Six Sigma. *Jurnal Teknik Industri*. Vol. 15, No. 2., 112-123.
- Elianto, M. S. D., Santoso, P. B. & Sonief, A. A. (2015). Usulan Penerapan Lean Six Sigma, FMEA dan Fuzzy untuk Meningkatkan Kualitas Produk Botol Sabun Cair. *JEMIS*, Vol. 3, No. 1., 28-34.
- Ernawati, D. (2019). Pengaruh Kualitas Produk, Inovasi Produk dan Promosi Terhadap Keputusan Pembelian Produk Hi Jack Sandals Bandung. *Jurnal Wawasan Manajemen*, Vol. 7, No. 1., 17-32.
- Gaspersz, V. (2002). *Pedoman Implementasi Program Sixsigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP.*, Bogor: Gramedia.
- Hanifah, P. S. K. & Iftadi, I. (2022). Penerapan Metode Six Sigma dan Failure Mode Effect Analysis untuk Perbaikan Pengendalian Kualitas Produksi Gula. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, Vol. 8, No. 2., 90-98.
- Lutfianto, M. A. & Prabowo, R. (2022). Implementation of Six Sigma Methods with Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) as a Tool for Quality Improvement of Newspaper Products (Case Study: PT. ABC Manufacturing – Sidoarjo, East Java – Indonesia). *Journal of Integrated System*, Vol. 5, No. 1., 87-98.
- Montgomery, D. C. (2009). *Statistical Quality Control*. 6th edition. USA: John Wiley and Son.
- Prasetya, R. Y., Suhermanto, S. & Muryanto, M. (2022). Implementasi FMEA dalam Menganalisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Berdasarkan RPN. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, Vol. 20, No. 2., 133-138.
- Stamatis, D. H. (2015). *The ASQ pocket guide to failure mode and effect analysis (FMEA)*. Milwaukee :American Society for Quality.
- Tang, H. (2022). *Quality planning and assurance: principles, approaches, and methods for product and service development*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Wardana, M. W., Sulastri, & Hasanah, S. (2019). Penerapan Metode Faillure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Mengidentifikasi Masalah Kerusakan Produk Pakan Ayam pada PT. Japfa Comfeed Indonesia, Tbk Unit Lampung. *Spektrum Industri*, Vol. 17, No. 1., 41-49.

Pembuatan Sistem Pengkabutan Otomatis dengan Kontrol Suhu Air dan Suhu Udara Berbasis IoT

Farih Khafiyyan^{1)*}, Inna Novianty²⁾

Sekolah Vokasi, IPB University

Jl. Kumbang No.14, RT.02/RW.06, Babakan, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, 16128, Indonesia^{1),2)}

E-Mail : farihkhkafiyyan@apps.ipb.ac.id^{1)*}, innanovianty@apps.ipb.ac.id²⁾

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan suhu berlebih pada kebun hidroponik dengan menerapkan sistem kendali suhu dan temperatur air. Permasalahan utama yang diidentifikasi adalah suhu berlebih pada lingkungan hidroponik dan perlunya metode yang efektif untuk memantau dan mengendalikan suhu air pada kebun. Penelitian ini berfokus pada penanggulangan suhu berlebih dengan menggunakan sistem misting yang dapat memberikan penggunaan air yang efisien dan menjaga suhu dan temperatur air sesuai dengan standar ideal bagi tanaman hidroponik. Selain itu, penelitian ini mencari solusi untuk memantau suhu air kebun hidroponik secara akurat dan membangun perangkat kendali yang memungkinkan pengaturan jarak jauh untuk mencapai kondisi lingkungan yang ideal. Penerapan solusi ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan kesehatan tanaman hidroponik pada lingkungan yang optimal. Pengumpulan dan analisis data dilakukan untuk memperoleh nilai Mean Square Error sebesar 1,33, yang menunjukkan bahwa kesalahan prediksi model kuadrat rata-rata adalah 1,33 derajat. Nilai Root Mean Squared Error sebesar 1,15 menunjukkan bahwa kesalahan prediksi model root mean squared adalah 1,15°C, dan nilai r-squared yang diperoleh adalah 0,86, hal ini menunjukkan bahwa model regresi ini dapat menjelaskan 86% variasi suhu udara yang diamati.

ABSTRACT

This research aims to overcome the challenge of excessive temperatures in hydroponic gardens by implementing a temperature and water temperature control system. The main problems identified were excessive temperatures in the hydroponic environment and the need for effective methods for monitoring and controlling the water temperature in the garden. This research focuses on overcoming excessive temperatures by using a misting system that can provide efficient water use and maintain water temperature and temperatures in accordance with ideal standards for hydroponic plants. In addition, this research seeks solutions to accurately monitor the temperature of hydroponic garden water and build a control device that allows remote regulation to achieve ideal environmental conditions. Implementing this solution is hoped to increase the productivity and health of hydroponic plants in an optimal environment. Data collection and analysis were conducted to obtain a Mean Square Error value of 1.33, indicating that the average square model prediction error was 1.33 degrees. The Root Mean Squared Error value of 1.15 indicates that the root mean squared model prediction error is 1.15°C, and the r-squared value obtained is 0.86, indicating that this regression model can explain 86% of the observed air temperature variations.

Keywords: ESP32, IoT, Relay, Sensor Suhu Udara dht21, Sensor Suhu Air ds18b20

1. Pendahuluan

Saat ini budidaya tanaman secara organik sangat banyak diterapkan di daerah – daerah

untuk mendapatkan hasil tanaman yang lebih berkualitas karena proses penanamannya tidak memakai tambahan pupuk kimia,

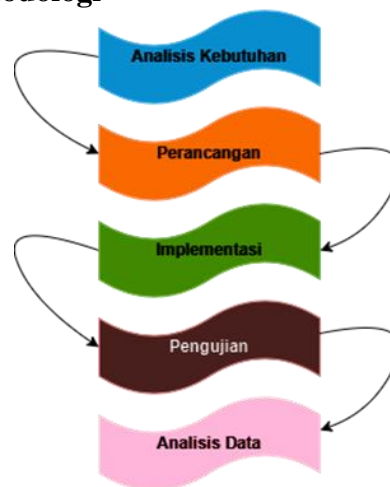
pestisida dan obat – obatan lainnya. Hidroponik merupakan salah satu budidaya menanam tanaman dengan memanfaatkan air dengan menekankan kebutuhan nutrisi pada tanaman dan tidak menggunakan tanah. Ruang hijau yang terbatas membuat hidroponik lebih efisien dalam budidaya tanaman. Hal ini menjadikan metode hidroponik merupakan salah satu solusi pertanian di daerah perkotaan. Pada umumnya metode hidroponik yang dilakukan menggunakan media air, dimana kondisi air yang perlu diperhatikan adalah pasokan air, oksigen, nutrisi dan tingkat keasaman (pH). Selain itu suhu dan kelembapan lingkungan harus terjaga dan sesuai dengan tanaman. Pengontrolan nutrisi, suhu air, volume air nutrisi, suhu lingkungan, pH dan kelembapan untuk sistem hidroponik masih dilakukan secara manual ataupun konvensional. (Rahmad Doni, 2020)

Salah satu elemen penting agar tanaman dapat bertahan hidup adalah suhu. Perkembangan dan laju pertumbuhan tanaman bergantung pada suhu sekitar. Setiap tanaman mempunyai kisaran suhu optimal untuk pertumbuhan optimal. Dalam beberapa tahun terakhir, gelombang panas atau suhu ekstrem menjadi lebih hebat dan mungkin berlangsung lebih lama. Oleh karena itu, tanaman yang tumbuh di lingkungan yang lebih dingin berdampak pada penurunan laju pertumbuhan dan produktivitas petani. Kebutuhan untuk mempelajari suhu minimum dan maksimum yang diperbolehkan bagi pertumbuhan tanaman penting untuk dipahami, Tanaman nyaman berada pada suhu kisaran 25-35 °C. (Ngadimon et al., 2021)

Penelitian yang dilakukan yakni kontroling suhu udara dan suhu air berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan perangkat ESP32 sebagai mikrokontroler dan aplikasi *mobile* sebagai alat kontroling. Sistem ini terdiri dari sensor dht21 yang digunakan sebagai sensor pengukur suhu dan suhu air dan juga sensor ds18b20 sebagai sensor suhu air. Sistem juga terhubung dengan pengkabutan yang berfungsi untuk memberikan pengkabutan jika terjadi

perubahan suhu yang tinggi dengan melampaui batas yang sudah ditetapkan sebesar 34°C. Maka pengkabutan akan menyala hingga suhu mencapai dibawah 25°C, kemudian agar sistem pengendalian suhu lebih optimal, sensor ds18b20 diletakkan pada wadah yang menampung air pengkabutan dipasang *fan* dan pompa, ketika suhu air melebihi 26°C maka *fan* peltier akan menyala untuk mendinginkan *waterblock*, pompa akan mengalirkan air dari dalam penampungan ke *waterblock* dan dialirkan kembali kedalam penampungan air hingga suhu air mencapai 23°C, serta akan menampilkan hasil pengukuran suhu pada *smartphone*.

2. Metodologi



Gambar 1. Prosedur kerja

Gambar 1 merupakan prosedur kerja dari pembuatan sistem pengkabutan otomatis dengan kontrol suhu air dan suhu udara ada beberapa tahapan seperti analisis kebutuhan baik *software* maupun *hardware*, Pada sisi *hardware*, analisis dimulai dengan identifikasi jenis sensor dan perangkat fisik yang dibutuhkan untuk mengumpulkan data yang relevan sesuai dengan tujuan alat IoT tersebut, sementara itu, analisis kebutuhan *software* mencakup penentuan sistem operasi, platform pengembangan, dan bahasa pemrograman yang paling sesuai untuk mengembangkan aplikasi yang akan mengelola data dari sensor dan berinteraksi dengan pengguna, perancangan terdiri dari

perancangan *hardware* dan *software* pada prosedur kerja pembuatan alat ini merupakan suatu pendekatan terpadu yang esensial untuk menciptakan alat yang cerdas dan terhubung.

Pada proses implementasi, hal ini melibatkan penempatan alat, pengaturan konfigurasi, dan pengumpulan data yang relevan. Selama implementasi di lapangan, perlu dilakukan pemantauan dan pengoptimalan terus-menerus untuk memastikan bahwa alat IoT berkinerja optimal sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Keseluruhan proses implementasi ini bertujuan untuk membawa konsep IoT dari perencanaan ke dunia nyata, memungkinkan pemanfaatan teknologi ini untuk memecahkan masalah, meningkatkan efisiensi, dan membuka potensi baru di berbagai bidang. Setelah melakukan implementasi, dilakukan pengujian menyeluruh dan iterasi yang diterapkan selama fase ini untuk memastikan bahwa alat IoT berfungsi dengan baik dan dapat memberikan kontribusi positif sesuai dengan tujuannya dalam konteks yang diinginkan.

Tahap terakhir yaitu Analisis data dengan menggunakan regresi linear dalam prosedur pembuatan alat *Internet of Things* (IoT) yang mempertimbangkan pengaruh suhu air pada penyemprotan air ke udara di sekitar tanaman hidroponik adalah krusial dalam memahami dan mengoptimalkan efek dari tindakan ini. Metode regresi linier adalah sebuah metode yang sangat cocok untuk melakukan perhitungan prediksi nilai yang akan datang. Selain itu regresi linier diimplementasikan sendiri kepada mudah sistem untuk pada penelitian ini. Langkah pertama diharuskan mengambil beberapa sampel data yang didapatkan dari sebuah percobaan sederhana. Tujuan dari sampel data yang diambil yaitu untuk mendapatkan sebuah persamaan regresi linier yang akan digunakan untuk memprediksi nilai yang akan datang. Persamaan dari regresi linier ini adalah sebuah persamaan matematis yang hubungan antar dua variabel dimana salah satu variabelnya mempengaruhi sebuah variabel lainnya. (Chairurrafi et al., 2022)

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam merancang sistem kadar nutrisi dan suhu larutan nutrisi ada beberapa tahapan seperti analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian dan analisis data. Analisis kebutuhan *hardware* dan *software* pada prosedur kerja pembuatan alat *Internet of Things* (IoT) adalah tahapan krusial yang menentukan arah dan efektivitas implementasi. Pada sisi *hardware*, analisis dimulai dengan identifikasi jenis sensor dan perangkat fisik yang dibutuhkan untuk mengumpulkan data yang relevan sesuai dengan tujuan alat IoT tersebut. Selain itu, perlu dievaluasi kebutuhan akan mikrokontroler, modul komunikasi, antena, dan penyimpanan data yang akan mendukung pengolahan dan transmisi informasi yang dihasilkan. Sementara itu, analisis kebutuhan *software* mencakup penentuan sistem operasi, platform pengembangan, dan bahasa pemrograman yang paling sesuai untuk mengembangkan aplikasi yang akan mengelola data dari sensor dan berinteraksi dengan pengguna.

Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan *hardware* dan *software* pada prosedur kerja pembuatan alat *Internet of Things* (IoT) adalah tahapan krusial yang menentukan arah dan efektivitas implementasi. Pada sisi *hardware*, analisis dimulai dengan identifikasi jenis sensor dan perangkat fisik yang dibutuhkan untuk mengumpulkan data yang relevan sesuai dengan tujuan alat IoT tersebut. Selain itu, perlu dievaluasi kebutuhan akan mikrokontroler, modul komunikasi, antena, dan penyimpanan data yang akan mendukung pengolahan dan transmisi informasi yang dihasilkan.

Sementara itu, analisis kebutuhan *software* mencakup penentuan sistem operasi, platform pengembangan, dan bahasa pemrograman yang paling sesuai untuk mengembangkan aplikasi yang akan mengelola data dari sensor dan berinteraksi

dengan pengguna. Perancangan antarmuka pengguna yang intuitif dan efisien juga harus dimasukkan dalam analisis ini untuk memastikan aksesibilitas yang baik bagi pengguna akhir. Untuk perancangan alat yang

digunakan terdapat berbagai macam komponen, alat, bahan dan *software* yang akan digunakan, untuk jenis – jenisnya akan disampaikan pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3.

Tabel 1. Alat yang Digunakan

| No | Nama | Keterangan |
|----|-----------------|---|
| 1 | ESP32 | Mikrokontroler yang digunakan adalah esp32. Ini dipilih karena memiliki banyak keunggulan, salah satunya ialah harganya yang relatif murah, mudah diprogram, memiliki jumlah pin I/O yang memadai, serta memiliki adapter WiFi internal untuk mengakses jaringan Internet. (Wagyana, 2019) |
| 2 | ds18b20 | sensor DS18B20 adalah sebagai pendeteksi suhu air maupun dalam bidang perikanan ataupun perkebunan bebrapa sensor juga diperlukan dalam bidang keahlian. (Huda & Kurniawan, 2022) |
| 3 | Relay 2 channel | Jika nilai ppm atau pH penampungan air tidak sesuai, relai akan menjalankan kondisi yang berada papda esp32. Ini menggunakan prinsip elektromagnetik untuk memfasilitasi pergerakan kontak sakelar dan menggunakan arus listrik sederhana yang memiliki daya rendah untuk memungkinkan konduksi listrik bertegangan tinggi. |
| 4 | Sensor DHT21 | Sensor DHT21, yang memiliki nilai digital, menunjukkan suhu dan suhu air relatif sekitar di kebun hidroponik. Fungsinya adalah untuk memberikan informasi tentang suhu dan suhu air relatif sekitar yang ada. Sensor DHT21 ini memiliki keunggulan konsumsi daya rendah, dan jarak transmisi 20 m, yang membuat sensor cocok dan mudah diterapkan. (Kurniawan et al., 2023) |
| 6 | 3D Casing | Casing yang digunakan dibuat dengan menggunakan 3d printer dan software fusion 360, Casing ini berfungsi untuk melindungi setiap komponen pada alat. |
| 7 | Peltier | Elemen peltier ini ramah lingkungan karena tidak menggunakan gas freon untuk proses pendingin, sehingga tidak merusak lingkungan. (Yudiyanto et al., 2020) |
| 8 | Fan | Fan ini berfungsi untuk mengeluarkan panas yang terdapat pada peltier. Secara keseluruhan, fan adalah komponen penting dalam sistem Peltier yang membantu menjaga suhu yang optimal, mendinginkan perangkat, dan memastikan kinerja yang efisien. |
| 9 | Pompa | pompa digunakan untuk memompa air dari reservoir atau sumber air ke sistem pipa yang terhubung dengan nosel atau sprinkler yang digunakan untuk menyemprotkan air dalam bentuk kabut. Pompa ini mempertahankan tekanan yang diperlukan dalam sistem untuk memastikan bahwa air disemprotkan dengan konsistensi dan akurat. |

Tabel 2. Bahan yang Digunakan

| No | Nama | Keterangan |
|----|----------------------|--|
| 1 | Filamen | PLA (<i>Polylactic Acid</i>) merupakan pilihan utama sebagai filamen dalam pencetakan proses dengan printer 3D. filamen PLA memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekuatan tarik (tegangan maksimum) dan nilai kekuatan Bendungnya (flexural modulus). (Setiawan et al., 2022) |
| 2 | Timah | Penggunaan timah solder adalah bagian penting dari proses penyolderan karena melibatkan menciptakan ikatan kuat antara dua bahan berbeda menggunakan timah yang dipanaskan oleh alat solder selama proses, yang menyebabkan peleburan. Timah solder cair akan ditempelkan pada komponen listrik dan papan sirkuit untuk memastikan ikatan yang mulus dan mencegah pelepasan. |
| 3 | Jumper dan Kabel AWG | Dalam mekanisme kerja kabel jumper, arus listrik ditransmisikan antar komponen yang saling berhubungan. Ada penghantar listrik kecil di dalam dan di ujung kabel yang memudahkan arus listrik bergerak, yang menyebabkan fenomena ini terjadi. Ada tiga jenis kabel jumper yang digunakan: laki-laki ke laki-laki, perempuan ke perempuan, dan perempuan ke perempuan. Kabel yang digunakan menggunakan kabel jenis AWG, yang memiliki ukuran yang berbeda untuk komponen, seperti AWG 22 dan 24. Kabel yang disambungkan ke arus AC menggunakan AWG 12. |
| 4 | Air | Air digunakan dalam sistem misting untuk menciptakan efek pendinginan. Ketika air disemprotkan ke udara dalam bentuk kabut halus, ia menyerap panas dari udara di sekitarnya untuk menguapkan |

| No | Nama | Keterangan |
|----|------|---|
| | | air, menghasilkan penurunan suhu udara di sekitar tanaman atau area tertentu. Hal ini sangat penting untuk menjaga suhu yang optimal dalam lingkungan pertumbuhan tanaman seperti pada kebun hidroponik atau rumah kaca. Air yang disemprotkan dalam bentuk kabut oleh sistem misting juga berkontribusi untuk meningkatkan kelembapan udara di sekitar tanaman. Kelembapan yang cukup penting untuk pertumbuhan optimal tanaman. |

Tabel 3 *Software* dan *Framework* yang Digunakan

| No | Nama | Keterangan |
|----|---------------------|---|
| 1 | Arduino IDE | Arduino IDE adalah <i>software</i> yang digunakan untuk membuat <i>sketch</i> pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada <i>board</i> yang ingin diprogram. (Mahanin Tyas et al., 2023) |
| 2 | Autodesk Fusion 360 | Autodesk Fusion 360 adalah salah satu <i>software</i> CAD/CAM yang memungkinkan penggunaannya untuk membuat atau menambahkan <i>script</i> sesuai kebutuhan penggunaannya. (Setiawan et al., 2022) |
| 3 | Visual Studio Code | Visual Studio Code adalah sebuah teks editor ringan dan handal yang dibuat oleh Microsoft untuk sistem operasi multiplatform, artinya tersedia juga untuk versi Linux, Mac, dan Windows. (Nendya et al., 2023) |
| 4 | Firebase | Firebase merupakan sebuah platform <i>database</i> yang mampu memberikan informasi secara <i>realtime</i> kepada penggunanya. Firebase saat ini menjadi sebuah alternatif <i>database</i> yang handal yang mampu memberikan informasi secara cepat. (Sugiyatno, 2023) |
| 5 | React Native | React Native merupakan sebuah framework javascript. Framework ini banyak digunakan oleh pengembang karena mudah dipelajari, memiliki struktur kode yang simpel, mempunyai fitur <i>live reload</i> tanpa proses building, oleh karena itu banyak pengembang yang menggunakan React Native agar proses pengembangan <i>mobile</i> yang lebih cepat. (Malahella et al., 2020) |
| 6 | Ultimaker Cura | Ultimaker cura (UC) adalah aplikasi yang dirancang untuk 3D Printing, UC ini dapat mengubah parameter pencetakan dan kemudian mengubahnya menjadi <i>G-Code</i> . Ultimaker cura ini ditandai dengan menyediakan antarmuka grafis untuk menyiapkan model untuk pencetakan 3D, yang disesuaikan dengan model dan program, aplikasi berurutan dari setiap lapisan. Mesin Cura digunakan untuk menerjemahkan model 3D kedalam set instruksi printer 3D. (Saragih et al., 2022) |
| 7 | Eagle | EAGLE (<i>Easily Applicable Graphical Layout Editor</i>), adalah salah satu <i>software</i> komputer yang dapat digunakan untuk merancang skematik dan PCB (<i>Printed Circuit Board</i>) dari rangkaian elektronika, tujuan utama dari penggunaan eagle adalah untuk menciptakan desain PCB. Eagle memungkinkan kita untuk merancang PCB dengan atau tanpa melalui desain skematik. Namun metode yang lebih umum digunakan adalah merancang desain skematik terlebih dahulu sebelum mendesain PCB. (Munandar et al., 2019) |

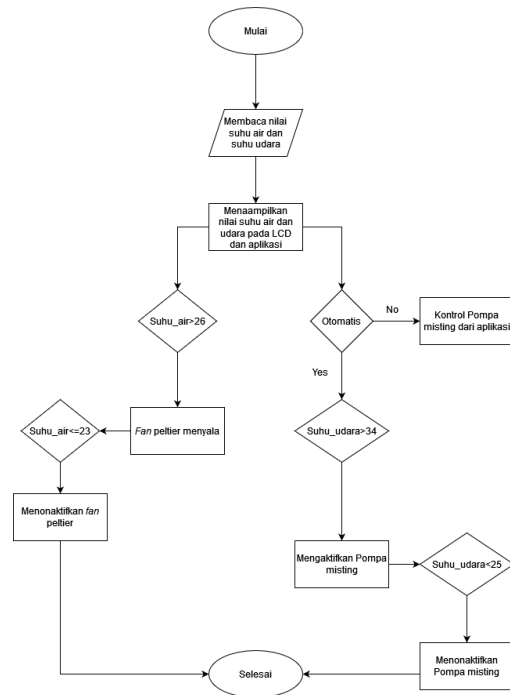
Perancangan *hardware* dan *software* pada prosedur kerja pembuatan alat ini merupakan suatu pendekatan terpadu yang esensial untuk menciptakan alat yang efektif dan efisien mencapai tujuan proyek, Integrasi antara *hardware* dan *software* harus dirancang dengan teliti, memastikan alat dapat berkomunikasi, mengumpulkan data secara

efisien, dan memberikan keluaran yang diinginkan.

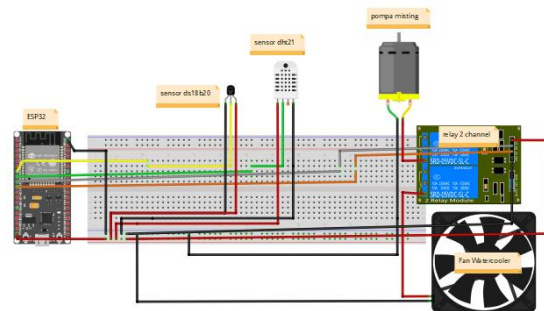
Diagram alir yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 2 untuk alur kondisi logika sistem alat pengkabutan, pertama melakukan pemilihan mode kontrol pengkabutan pada aplikasi, jika memilih manual maka kita dapat mengaktifkan dan menonaktifkan pompa

melalui aplikasi, jika memilih otomatis, sensor dht21 membaca suhu udara, ketika suhu sekitar mencapai di atas 34 °C, sistem akan mengaktifkan pompa pengkabutan untuk memberikan pengkabutan, yang efektif dalam menurunkan suhu sekitar dan meningkatkan kelembapan. Sebaliknya, jika suhu turun di bawah 25 °C, pompa pengkabutan akan dimatikan untuk menghindari pengabutan berlebihan. Untuk meningkatkan efisiensi penurunan suhu, alat ini juga memantau suhu air menggunakan sensor ds18b20. Ketika suhu air mencapai di atas 26 °C, *fan* peltier akan diaktifkan untuk menurunkan suhu air hingga suhu air mencapai 23 °C. Dengan menjaga suhu air pada tingkat yang lebih rendah, penurunan suhu sekitar melalui penggunaan pompa pengkabutan menjadi lebih optimal, menciptakan lingkungan yang lebih nyaman untuk tanaman yang ada di hidroponik.

Gambar 3 merupakan skema rangkaian untuk alat yang dibuat, dengan menggunakan ESP32 sebagai otak utama atau inti dalam perangkat, sensor ds18b20 terhubung dengan pin input 13 di ESP32 berfungsi untuk membaca nilai suhu air, sensor dht terhubung pada pin input 14 berfungsi untuk membaca nilai suhu dan kelembapan sekitar, pompa pengkabutan terhubung dengan relay 2 channel di pin in1, pin in1 terhubung ke pin 4 di ESP32 yang berfungsi untuk menyalakan dan mematikan pompa pengkabutan, *fan* peltier terhubung dengan relay pada pin in2, pin in2 terhubung ke pin 5 di ESP32 yang digunakan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *fan* peltier.



Gambar 2. Diagram alir hardware



Gambar 3. Skema rangkaian hardware

Setelah melakukan perancangan, selanjutnya melakukan implementasi, Hal ini melibatkan penempatan alat, pengaturan konfigurasi, dan pengumpulan data yang relevan. Selama implementasi di lapangan, perlu dilakukan pemantauan dan pengoptimalan terus-menerus untuk memastikan bahwa alat IoT berkinerja optimal sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Keseluruhan proses implementasi ini bertujuan untuk membawa konsep IoT dari perencanaan ke dunia nyata.



Gambar 4. Perangkaian alat

Gambar 4 merupakan implementasi perangkaian alat, mulai dari perangkaian sistem mikrokontroler esp32, dengan menghubungkannya ke setiap komponen, mulai dari sensor suhu udara, kelembapan udara serta suhu air, lalu untuk outputnya dihubungkan ke pompa 12V dc untuk sistem kontrol suhu udara dan *fan peltier* untuk sistem kontrol suhu air untuk menurunkan suhu ketika panas berlebih.

Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengujian menyeluruh dan iterasi dapat diterapkan selama fase ini untuk memastikan bahwa alat IoT berfungsi dengan baik dan dapat memberikan kontribusi positif sesuai dengan tujuannya dalam konteks yang diinginkan.

Tabel 4 merupakan pengujian dari akurasi sensor dht21, Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi sensor dht21 dalam mengukur suhu dan kelembapan udara dibandingkan dengan termometer konvensional. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sensor dht21 dan termometer konvensional di ruangan yang sama dan mencatat nilai-nilainya secara bersamaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai suhu yang diukur oleh sensor dht21 dan termometer konvensional berada di kisaran 0.1-0,2 °C. Hal ini menunjukkan bahwa sensor dht21 memiliki akurasi yang cukup tinggi dalam mengukur suhu udara. Nilai error dari sensor dht21

sebesar 0.518% dan memiliki akurasi 99.482%. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor dht21 memiliki akurasi sangat baik dalam mengukur suhu udara.



Gambar 5. Pengujian pemasangan sistem pengkabutan

Gambar 5 merupakan kegiatan ketika melakukan pengujian sistem pengkabutan setelah dilakukan pemasangan secara menyeluruh, ketika alat dinyalakan, sistem pengkabutan dapat berjalan dengan baik sesuai dengan logika yang diinginkan, yaitu ketika pada mode otomatis, maka sistem akan membaca sensor suhu dan akan menyalakan pompa pengkabutan ketika suhu berlebih.

Tabel 4. Pengujian akurasi sensor dht21

| No | Termometer Digital (°C) | Sensor dht21 (°C) | Error (%) | Akurasi (%) |
|-----------|-------------------------|-------------------|-----------|-------------|
| 1 | 33.1 | 33.3 | 0.6 | 99.4 |
| 2 | 33.0 | 33.1 | 0.3 | 99.7 |
| 3 | 30.3 | 30.5 | 0.66 | 99.34 |
| 4 | 29.5 | 29.7 | 0.67 | 99.33 |
| 5 | 28.0 | 28.1 | 0.36 | 99.64 |
| Rata-rata | | | 0.518 | 99.482 |

Tabel 5. Pengujian akurasi sensor ds18b20

| No | Termometer Air Digital (°C) | Sensor ds18b20 (°C) | Error (%) | Akurasi (%) |
|-----------|-----------------------------|---------------------|-----------|-------------|
| 1 | 29.1 | 29.4 | 1 | 99.0 |
| 2 | 29.5 | 29,7 | 0.67 | 99.33 |
| 3 | 27.1 | 27.3 | 0.74 | 99.26 |
| 4 | 25.0 | 25.3 | 1.2 | 98.8 |
| 5 | 25.8 | 26.0 | 0.77 | 99.23 |
| Rata-rata | | | 0.876 | 99.124 |

Tabel 5 merupakan hasil dari pengujian akurasi sensor ds18b20 dengan termometer air konvensional, pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sensor ds18b20 dalam mengukur suhu air dibandingkan dengan termometer air konvensional. Sensor ds18b20 direndam dalam air bersama dengan termometer air konvensional, dan nilai suhunya dicatat secara bersamaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai suhu yang diukur oleh sensor ds18b20 dan termometer air konvensional berada di kisaran 0.2-0.3 °C. Nilai error dari sensor ds18b20 sebesar 0.876% dan memiliki akurasi 99.124% Hal ini menunjukkan bahwa sensor ds18b20 memiliki akurasi yang cukup tinggi dalam mengukur suhu air.

Tahap terakhir yaitu melakukan analisis data, dengan melakukan pengumpulan data secara kuantitatif dari data sensor yang cukup, analisis dilakukan menggunakan metode regresi linear. Dalam analisis ini, suhu air dianggap sebagai variabel independen yang dapat mempengaruhi variabel dependen, yaitu suhu udara dan perubahan suhu udara menjadi keluarannya. Model regresi linear dibangun dengan memperhitungkan data pengukuran suhu air dan suhu udara sebelumnya. Tujuannya adalah untuk memahami sejauh mana suhu air berpengaruh terhadap suhu udara dalam sistem pengkabutan, dan apakah hubungan tersebut memiliki karakteristik linear yang dapat diukur dan diprediksi. Hasil analisis regresi linear memberikan informasi yang berharga dalam mengoptimalkan efisiensi sistem pengkabutan dan memastikan penyebaran suhu udara yang diinginkan dalam berbagai situasi.

Gambar 6 menunjukkan data suhu udara yang diambil selama 2 hari pada lahan kebun yang tidak menggunakan sistem pengkabutan otomatis. Data sensor dikirim ke *database* setiap 10 menit dengan jumlah 179 data. Hal ini menunjukkan bahwa nilai suhu udara di lahan kebun tersebut dapat mencapai 48 °C. Suhu udara yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres pada

tanaman, yang dapat menghambat pertumbuhan dan bahkan menyebabkan kematian tanaman, Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam budidaya secara hidroponik NFT. Pada tanaman sayuran suhu untuk pertumbuhan yang optimal adalah 23-35°C jika suhu melebihi dari 36 °C maka tanaman akan mati.(Asmana et al., 2017)

| | LOG_ _SuhuAir | LOG_ _SuhuUdara |
|-------|---------------|-----------------|
| count | 179.000000 | 179.000000 |
| mean | 26.039553 | 30.463128 |
| std | 2.012737 | 6.712045 |
| min | 23.440000 | 23.700000 |
| 25% | 24.340000 | 25.300000 |
| 50% | 25.500000 | 27.600000 |
| 75% | 27.530000 | 33.600000 |
| max | 30.190000 | 48.100000 |

Gambar 6. Data sensor tanpa sistem pengkabutan

| | LOG_ _SuhuAir | LOG_ _SuhuUdara |
|-------|---------------|-----------------|
| count | 568.000000 | 568.000000 |
| mean | 26.496232 | 29.750669 |
| std | 2.561916 | 3.063782 |
| min | 23.000000 | 25.010000 |
| 25% | 23.810000 | 26.720000 |
| 50% | 26.440000 | 29.800000 |
| 75% | 28.812500 | 32.345000 |
| max | 32.630000 | 36.170000 |

Gambar 7. Data sensor dengan sistem pengkabutan

Gambar 7 menunjukkan data suhu udara yang diambil selama 5 hari dengan total 568 data yang sudah diolah untuk diambil nilai sensor ketika pompa pengkabutan menyala pada lahan kebun dengan menggunakan sistem pengkabutan otomatis. Data sensor dikirim ke *database* setiap 10 menit. Hal ini menunjukkan bahwa nilai suhu udara di lahan kebun tersebut maksimum 36 °C, yang sesuai dengan suhu optimal yang dibutuhkan tanaman sayur. Penggunaan sistem pengkabutan otomatis terbukti efektif dalam menjaga suhu udara di lahan kebun pada

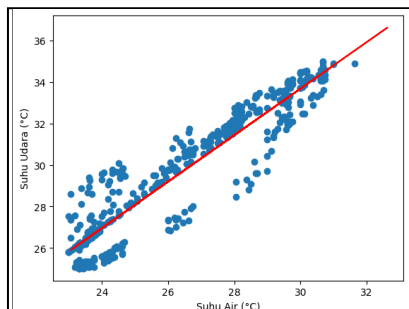
kisaran optimal untuk pertumbuhan tanaman sayur. Hal ini dapat dilihat dari data yang menunjukkan bahwa nilai suhu udara tidak pernah melebihi 36 °C selama periode 5 hari, 16 hingga 21 april 2024.

Suhu udara yang optimal sangat penting untuk pertumbuhan tanaman sayur. Suhu udara yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres pada tanaman, yang dapat menghambat fotosintesis, pertumbuhan, dan bahkan menyebabkan kematian tanaman. Sebaliknya, suhu udara yang terlalu rendah juga dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

| ID | Suhu Air (°C) | Suhu Udara (°C) | Status Pompa | Status Watercooler | Tanggal | Waktu |
|-----|---------------|-----------------|--------------|--------------------|-----------|----------|
| 268 | 21.23 | 23.70 | MATI | MATI | 2024-4-19 | 7:01:29 |
| 269 | 21.23 | 24.20 | MATI | MATI | 2024-4-19 | 7:01:29 |
| 270 | 21.31 | 24.30 | MATI | MATI | 2024-4-19 | 7:01:29 |
| 271 | 21.44 | 26.30 | MATI | MATI | 2024-4-19 | 7:01:30 |
| 272 | 21.36 | 28.61 | MATI | MATI | 2024-4-19 | 7:01:31 |
| 273 | 30.00 | 31.30 | NYALA | NYALA | 2024-4-19 | 13:38:31 |
| 274 | 30.00 | 31.20 | NYALA | NYALA | 2024-4-19 | 14:08:39 |
| 275 | 29.67 | 30.30 | NYALA | NYALA | 2024-4-19 | 14:18:43 |
| 276 | 29.61 | 29.30 | NYALA | NYALA | 2024-4-19 | 14:28:46 |
| 277 | 29.75 | 29.30 | NYALA | NYALA | 2024-4-19 | 14:38:51 |

Gambar 8. Data sistem pengkabutan

Suhu udara yang optimal sangat penting. Gambar 8 merupakan hasil dari pengumpulan data yang diambil dari firebase, dengan mengambil 10 data yang berada di tengah yaitu di tanggal 19 april 2024, terdapat perubahan nilai sensor, mulai dari suhu udara dan suhu air. Data menunjukkan bahwa pompa pengkabutan dan *watercooler* bekerja dengan baik sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Pompa pengkabutan menyala saat suhu udara di atas 34°C dan mati ketika di bawah 28°C. *Watercooler* menyala saat suhu air di atas 26°C dan mati ketika di bawah 23°C.



Gambar 9. Grafik regresi linear

Gambar 9 menunjukkan grafik hasil dari proses analisis regresi linear menggunakan *tools* python dengan *library* pandas, numpy, matplotlib dan sklearn, dimana garis merah merupakan garis dari regresi linear dan titik biru merupakan nilai dari data sensor, dimana untuk variabel x atau independen merupakan data dari sensor suhu air, lalu variabel y atau dependen merupakan data dari sensor suhu udara, untuk bentuk penyebaran dan perubahan data nya sendiri hampir mendekati garis linear, dengan titik terendah variabel x atau suhu air pada nilai 23°C, suhu udara pada nilai 25 °C, dengan nilai tertinggi suhu air pada 32°C dan suhu udara pada nilai 36 °C.

```
Mean Absolute Error : 0.8599965194670678
Mean Squared Error : 1.331143908237131
Root Mean Squared Error : 1.153752099992512
```

Gambar 10. Nilai *mean error*

Pada Gambar 10 terlihat hasil dari analisis regresi linear, terdapat nilai *Mean Absolute Error*, *Mean Square Error* dan *Root Mean Squared Error*, *Mean Absolute Error* (MAE) merupakan metode untuk mengevaluasi metode peramalan menggunakan jumlah dari kesalahan-kesalahan yang absolut. *Mean Absolute Error* (MAE) mengukur ketepatan ramalan dengan merata-rata kesalahan dugaan (nilai absolut masing-masing kesalahan). *Mean Square Error* (MSE) adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan ditam bahkan dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadrat kan. *Root Mean Squared Error* (RMSE). RMSE menjadi alternatif yang lebih intuitif dibandingkan MSE karena memiliki skala pengukuran yang sama dengan data yang sedang dievaluasi. Sebagai contoh, dua kali nilai RMSE artinya model memiliki *error* dua kali lebih besar dari sebelumnya. Sedangkan dua kali nilai MSE tidak berarti demikian. Jika MSE dapat dianalogikan sebagai varian, maka RMSE

dapat dianalogikan sebagai standar deviasi.(Sinaga & Irawati, 2018). Nilai MAE sebesar 0.86 menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan prediksi model adalah 0.86°C . Artinya, model ini rata-rata memprediksi suhu udara dengan selisih 0.86°C dari nilai yang sebenarnya, Nilai MSE sebesar 1.33 menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan prediksi model kuadrat adalah 1.33 derajat. Nilai RMSE sebesar 1.15 menunjukkan bahwa akar rata-rata kesalahan prediksi model kuadrat adalah 1.15°C .

```
intercept: 0.08208435009259318  
koefisien [1.11976401]
```

Gambar 11. Nilai *intercept* dan koefisien

Pada Gambar 11 terlihat hasil dari analisis regresi linear dari nilai *intercept* dan koefisien data, Nilai *intercept* sebesar 0.0821 menunjukkan bahwa ketika suhu air tidak mengalami penurunan atau suhu air bernilai 0, suhu udara rata-rata adalah 0.0821°C . Koefisien regresi sebesar 1.12 menunjukkan bahwa untuk setiap penurunan 1°C suhu air (X), suhu udara rata-rata (Y) akan turun 1.12°C . Nilai koefisien yang positif menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang positif antara penurunan suhu air dan penurunan suhu udara. Artinya, semakin rendah suhu air yang digunakan, semakin rendah pula suhu udara yang dihasilkan oleh sistem pengkabutan otomatis.

```
Linear Regression R squared of the test set is: 0.86
```

Gambar 12. Nilai *r-squared*

Pada Gambar 12 terlihat hasil dari analisis regresi linear dari nilai *r-squared* data Nilai *r-squared* sebesar 0.86 menunjukkan bahwa model regresi ini mampu menjelaskan 86% variasi suhu udara yang diamati. Hal ini menunjukkan bahwa model ini cukup baik dalam memprediksi perubahan suhu udara berdasarkan perubahan suhu air.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem otomatisasi dan monitoring suhu udara serta suhu air

berbasis IoT pada lahan budidaya tanaman hidroponik dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 dan aplikasi *mobile* telah berhasil dibuat dan digunakan di Rh Farm Bogor.

Alat ini dapat mengatur suhu air dan suhu udara secara signifikan. hasil dari analisis regresi linear dari nilai *r squared* data Nilai *r squared* sebesar 0.86 menunjukkan bahwa model regresi ini mampu menjelaskan 86% variasi suhu udara yang diamati. . Koefisien regresi sebesar 1.12 menunjukkan bahwa untuk setiap penurunan 1°C suhu air (X), suhu udara rata-rata (Y) akan turun 1.12°C . Nilai koefisien yang positif menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang positif antara penurunan suhu air dan penurunan suhu udara. Artinya, semakin rendah suhu air yang digunakan, semakin rendah pula suhu udara yang dihasilkan oleh sistem pengkabutan otomatis.

Hal ini menunjukkan bahwa model ini cukup baik dalam memprediksi perubahan suhu udara berdasarkan perubahan suhu air. Data nilai suhu udara, suhu air, kelembapan udara dapat dilihat melalui LCD i2c maupun aplikasi hygrow tanpa mengkhawatirkan jarak.

Daftar Pustaka

- Asmana, M. S., Abdullah, S. H., & Putra, G. M. D. (2017). Analisis Keseragaman Aspek Fertigasi Pada Desain Sistem Hidroponik Dengan Perlakuan Kemiringan Talang. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 5(1), 303–315.
- Chairurrafi, M. R., Fitriyah, H., & Prasetio, B. H. (2022). Sistem Kendali Level dan Suhu Air pada Hidroponik menggunakan Sensor Ultrasonik, Sensor Suhu, dan Arduino dengan Metode Regresi Linier. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(1), 305. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Huda, M. B. R., & Kurniawan, W. D. (2022). Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor

- Ds18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2), 18–23.
<https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-rekayasa-mesin/article/view/47897/39982>
- Kurniawan, M. A., Irawan, D., & Astutik, R. P. (2023). Rancang Bangun Alat Pengering Gabah Menggunakan Sensor Dht-21 Berbasis Mikro Kontroler Arduino Mega 2560. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro Dan Informatika*, 18(2), 59. <https://doi.org/10.30587/e-link.v18i2.6407>
- Mahanin Tyas, U., Apri Buckhari, A., Studi Pendidikan Teknologi Informasi, P., & Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, P. (2023). Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital. *TEKNOS: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 1(1), 1–9.
- Malahella, A. H., Arwani, I., & Tibyani. (2020). Pemanfaatan Framework React Native dalam Pengembangan Aplikasi Pemesanan Minuman Kopi pada Kedai Bycoffee. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 4(9), 3178–3184.
- Munandar, A., Kurniawan, H., & Malahayati, M. (2019). Pengaruh Penggunaan Software Eagle Pada Mata Pelajaran Menggambar Teknik Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas X Di SMK Negeri 2 Banda Aceh. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 3(2), 96. <https://doi.org/10.22373/crc.v3i2.5124>
- Nendya, M. B., Susanto, B., Tamtama, G. I. W., & Wijaya, T. J. (2023). Desain Level Berbasis Storyboard Pada Perancangan Game Edukasi Augmented Reality Tap The Trash. *Fountain of Informatics Journal*, 8(1), 1–6. <https://doi.org/10.21111/fij.v8i1.8836>
- Ngadimon, K., Basharie, S. M., Othman, K., & Raman, T. A. / L. (2021). Lighting and Air Temperature Monitoring and Control of Hydroponic System using *Internet of Things (IoT)*. *Publisher.Uthm.Edu.My*, 2(1), 266–276. <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/mari/article/view/382>
- Rahmad Doni, M. R. (2020). Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Iot (Internet of Thing) Menggunakan Nodemcu ESP8266. *Sains Komputer & Informatika*, 1–7. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.112.270033>
- Saragih, F. D., Fa, A. S., & Witanto, Y. (2022). Pengaruh Variasi Infill Dan Speed Printing Terhadap Sifat Mekanik Additive Manufacturing. *Rekayasa Mekanika*, 6(2), 71–76.
- Setiawan, H., Pratama, A., Rina, & Diratama, M. Y. (2022). Model 3D Roda Gigi Heliks Berbasis Script Menggunakan Software Autodesk Fusion 360. *Rotasi*, 24(1), 8–15.
- Sinaga, H. D. E., & Irawati, N. (2018). Perbandingan Double Moving Average dengan Double Exponential Smoothing pada Peramalan Bahan Medis Habis Pakai. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 4(2), 197–204.
- Sugiyatno. (2023). Pengiriman Informasi Real Time Menggunakan Teknologi Database Firebase pada Aplikasi *Mobile Android*. *Jurnal Informatika Komputer, Bisnis Dan Manajemen*, 21(2), 46–55. <https://doi.org/10.61805/fahma.v21i2.17>
- Wagya, A. (2019). Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi *Internet of Things (IoT)*. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 8(2), 238. <https://doi.org/10.36055/setrum.v8i2.6561>
- Yudiyanto, E., Adiwidodo, S., Takwim, R. N. A., Teknik, J., Politeknik, M., Malang, N., Sukarno, J., No, H., & Indonesia, M. (2020). P-31 Pemanfaatan Peltier Sebagai Sistem Pendinginan Untuk Medicine Cooler Box Utilization of Peltier As a Cooling System for Medicine Cooler Box. *Snitt*, 213–218.

STANDARISASI JUMLAH MANPOWER CLEANING SERVICES PERLUAS AREA PADA GEDUNG UNITED TRACTORS HEAD OFFICE

Dzaki Ulwan^{1*)}, Fransiska Sekarlati Bernard²⁾, Usi Fauziah³⁾

Departement Operation, PT Mitra Bakti UT

Jl. Raya Bekasi No.KM 22, RT.1/RW.1, Cakung Bar., Kec. Cakung, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13910, Indonesia^{1),2),3)}

E-Mail : dzakiulwan10@gmail.com^{1*)}, fransiskas@unitedtractors.com²⁾, ops.civil@mitrabaktiut.co.id³⁾

ABSTRAK

Pada Gedung Kantor Pusat United Tractors, pembagian *cleaning service* dari PT Mitra Bakti UT tidak proporsional, hal ini mengindikasikan bahwa beban kerja yang tidak merata, sehingga mengakibatkan beberapa area menjadi kurang bersih, penurunan efisiensi kerja, kelelahan pada beberapa pekerja, dan potensi penurunan kualitas pelayanan secara keseluruhan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur beban kerja *cleaning service* di Gedung *Head Office* United Tractors dan menentukan jumlah tenaga kerja optimal yang dibutuhkan dengan menggunakan metode *Full Time Equivalent* (FTE) untuk menentukan tenaga kerja yang seimbang dan *Work Load Analysis* (WLA) untuk menentukan beban kerja yang merata. Pada penelitian ini data yang diambil berupa kegiatan dan total jam penyelesaian kegiatan tersebut. Dengan adanya perhitungan beban kerja dapat melihat berapa jumlah tenaga kerja *cleaning service* yang tepat dan dapat menentukan luas area masing-masing tenaga kerja dengan beban kerja yang merata. Dengan menggunakan metode *Work Load Analysis* didapatkan hasil bahwa beban kerja pekerjaan *cleaning service* sebesar 250% dibandingkan dengan beban kerja eksisting yang hanya 192%. Beban kerja tenaga kerja lebih seimbang yang sebelumnya memiliki nilai tertinggi 104% dan nilai terendah 43%, setelah dilakukan perhitungan beban kerja menjadi merata dengan nilai 103% dengan mempertimbangkan beberapa faktor lainnya. Setelah dilakukan perhitungan jumlah tenaga kerja *cleaning service* sebanyak 20 orang menjadi 24 orang dan pada kondisi sebelumnya belum ada standar yang mengatur luas area yang harus dibersihkan oleh setiap tenaga kerja, setelah dilakukan perhitungan dapat ditentukan luas area setiap tenaga kerja adalah 609 m².

Kata kunci: *Cleaning services, Work Load Analysis, Full Time Equivalent, Beban Kerja.*

ABSTRACT

In the United Tractors Head Office Building, the distribution of cleaning services from PT Mitra Bakti UT is disproportionate, indicating that the workload is not evenly distributed, resulting in some areas being less clean, decreased work efficiency, fatigue in some workers, and a potential decrease in overall service quality. Therefore, this study aims to measure the cleaning service workload in the United Tractors Head Office Building and determine the optimal number of workers needed using the Full Time Equivalent (FTE) method to determine a balanced workforce and Work Load Analysis (WLA) to determine an even workload. In this research, the data taken is in the form of activities and the total hours of completion of these activities. With the calculation of workload can see how many cleaning services are right and can determine the area of each workforce with an even workload. By using the Work Load Analysis method, the result is that the workload of cleaning services work is 250% compared to the existing workload of only 192%. The manpower workload is more balanced which previously had the highest value of 104% and the lowest value of 43%, after calculating the workload to be evenly distributed with a value of 103% by taking into account several other factors. After the calculation of the number of cleaning services as many as 20 people to 24 people and in the previous condition there was no standard that regulates the area that must be cleaned by each manpower, after the calculation it can be determined that the area of each manpower is 609. m².

Kata kunci: *Cleaning services, Work Load Analysis, Full Time Equivalent, Workload.*

1. Pendahuluan

Di era persaingan global yang ketat, keunggulan kompetitif perusahaan diraih dengan strategi tepat, kuncinya pengembangan dan pengelolaan SDM yang efektif dan efisien. Hal ini dapat dicapai dengan menentukan jumlah SDM yang tepat di setiap divisi dan struktur organisasi, serta dengan memberdayakan SDM agar menjadi kompeten. Manajemen SDM yang efektif dan efisien memiliki dua tujuan utama adalah menyelaraskan tujuan perusahaan dan karyawan untuk meningkatkan produktivitas dan mencapai keunggulan organisasi. Sedangkan tujuan karyawan meliputi kompensasi yang layak, kepuasan kerja, dan beban kerja yang seimbang. Ketika kedua tujuan ini tercapai, maka manajemen SDM dapat dikatakan efektif (Prasetya et al., 2017).

Perencanaan SDM merupakan proses penting dalam organisasi yang bertujuan untuk menetapkan kebutuhan, pengadaan, pengembangan, dan pengelolaan karyawan secara efektif dan efisien guna mencapai tujuan organisasi, memastikan ketersediaan tenaga kerja yang kompeten dan berkualitas, menghindari duplikasi tugas, Mendorong peningkatan produktivitas dan menjadi landasan program siklus hidup karyawan, mulai dari seleksi hingga pemberhentian. (Marlina, 2015).

Kinerja karyawan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya yaitu Kebersihan lingkungan kerja, terutama kebersihan area bekerja, menjadi tanggung jawab petugas kebersihan, baik karyawan tetap maupun yang dialihdayakan (Kamala et al., 2016). Pada Gedung United Tractors Head Office yang memiliki 8 lantai dengan menggunakan pekerja cleaning service dari PT. Mitra Bakti UT dengan tenaga kerja berjumlah 20 orang. Selama shift siang, terdapat 16 pekerja, dengan 2 orang ditugaskan pada masing-masing lantai, sehingga totalnya 16 orang. Namun pada shift malam, hanya ada 4 pekerja yang harus menangani seluruh gedung, sehingga setiap orang harus mengelola 2 lantai. Ketidakseimbangan ini menunjukkan bahwa

pekerja shift malam menghadapi beban kerja yang jauh lebih berat dibandingkan dengan pekerja shift siang, karena mereka harus menangani area yang lebih luas dan mungkin lebih kotor dengan jumlah tenaga kerja yang terbatas. Pembagian beban kerja yang tidak merata ini berpotensi menyebabkan kelelahan pada pekerja shift malam dan dapat menurunkan kepuasan serta efektivitas layanan kebersihan secara keseluruhan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Arnold, dkk (2018). Pada perusahaan Jerman yang memproduksi *circuit breaker* terdapat 9 petugas *cleaning service*, namun mereka seringkali menganggur. Dengan menggunakan metode *Full Time Equivalent* (FTE), penelitian menghitung total waktu beban kerja sebesar 464.746,5 menit dan jam kerja efektif setelah *allowance* adalah 93.585 menit per tahun. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai FTE *cleaning service* adalah 4,97, yang berarti jumlah tenaga optimal yang dibutuhkan hanya 5 orang, sehingga terjadi kelebihan tenaga kerja sebesar 4 orang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur beban kerja yang diterima oleh *cleaning service* di Gedung United Tractors Head Office serta menghitung jumlah yang optimal *cleaning service* yang dibutuhkan. Penentuan beban kerja menggunakan metode *Work Load Analysis* (WLA), kemudian dianalisis kembali menggunakan perhitungan *Full Time Equivalent* (FTE) untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan observasi *cross-sectional* dan *time motion* selama 5 hari untuk menganalisis beban kerja *cleaning service* di 8 lantai Gedung United Tractors Head Office, sebagai dasar perhitungan kebutuhan tenaga kerja yang optimal.

2.1. Analisis Beban Kerja

Perhitungan beban kerja mengevaluasi tugas dan kondisi pekerjaan dalam batasan waktu (Diana & Harta, 2017). Analisis beban kerja mengukur tingkat kesibukan individu,

jabatan, unit kerja, atau seluruh organisasi (Ridha et al., 2013). Beban kerja dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$BK = \frac{TWB}{TWK} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

BK = beban kerja perhari (%)

TWB = total waktu baku (menit)

TWK = total waktu kerja (menit)

Beban kerja dikategorikan normal, *underload*, atau *overload* berdasarkan norma yang telah ditentukan. Berikut ini adalah tabel kategori berdasarkan perhitungan beban kerja.

| Hasil | Kategori |
|-------|-----------|
| <100% | Underload |
| =100% | Normal |
| >100% | Overload |

2.2. Allowance

Allowance disediakan untuk mengantisipasi saat karyawan tidak sedang bekerja. Karyawan memerlukan waktu lain untuk melakukan kegiatan seperti kebutuhan pribadi, istirahat serta kegiatan lain di luar kebutuhan mereka (Wignjosoebroto, 1992). Dalam penelitian ini, *allowance* diterapkan sebagai tambahan waktu untuk mengakomodasi kebutuhan pribadi, istirahat, dan keterlambatan tak terduga selama jam kerja.

2.3. Rating Factor

Perhitungan *Rating Factor* menggunakan perhitungan *Westinghouse System Rating*, yang mengevaluasi performa karyawan berdasarkan beberapa faktor yaitu keahlian (*Skills*), usaha (*Effort*), kondisi (*Conditions*), dan konsistensi (*Consistency*) (Agus, et al., 2018). Gambar 1 menunjukkan *Performance Rating*.

2.4. Perhitungan Waktu Baku

Perhitungan waktu baku melihat dari beberapa faktor, seperti *Performance Rating*,

waktu baku, waktu normal, dan waktu siklus.

| Factor | Kriteria | Kode | Nilai | Factor | Kriteria | Kode | Nilai |
|-----------|--------------|--------------|-------|-----------|--------------|-------------|--------------|
| Skills | Super Skills | A1 | +0,15 | Effort | Super Skills | A1 | +0,13 |
| | | A2 | +0,13 | | | A2 | +0,12 |
| | Excellent | B1 | +0,11 | | Excellent | B1 | +0,10 |
| | | B2 | +0,08 | | | B2 | +0,08 |
| | Good | C1 | +0,06 | | Good | C1 | +0,05 |
| | | C2 | +0,03 | | | C2 | +0,02 |
| | Average | D | 0,00 | | Average | D | 0,00 |
| | Fair | E1 | -0,05 | | Fair | E1 | -0,04 |
| | | E2 | -0,10 | | | E2 | -0,08 |
| | Poor | F1 | -0,16 | | Poor | F1 | -0,12 |
| | | F2 | -0,22 | | | F2 | -0,17 |
| | Condition | Super Skills | A | | +0,06 | Consistency | Super Skills |
| Excellent | | B | +0,04 | Excellent | B | | +0,03 |
| Good | | C | +0,02 | Good | C | | +0,01 |
| Average | | D | 0,00 | Average | D | | 0,00 |
| Fair | | E | -0,03 | Fair | E | | -0,02 |
| Poor | | F | -0,07 | Poor | F | | -0,04 |

Gambar 1. *Performance Rating* dengan *System Westinghouse Rating*

Waktu normal dapat dilihat pada waktu ideal yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu unit tugas tanpa memperhitungkan hambatan seperti kerusakan kecil, penundaan proses, atau faktor eksternal lainnya (Wigjosoebroto, 2003). Waktu baku dan waktu normal dihitung dengan persamaan berikut.

$$W_n = waktu\ kerja \times Rating\ Factor \dots (2)$$

$$W_b = W_n(1 + Allowance) \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

W_b = Waktu Baku

W_n = Waktu Normal

2.5. Full Time Equipment (FTE)

Perhitungan *Full Time Equivalent (FTE)* adalah membandingkan jam kerja dengan waktu penyelesaian tugas untuk menentukan kebutuhan karyawan (Adawiyah, 2013).

$$FTE = \frac{Waktu\ Kerja\ Tersedia}{Waktu\ Kerja\ Efektif} \dots\dots\dots (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengumpulan Data

Perhitungan menggunakan *stopwatch* untuk mengukur waktu penyelesaian tugas rutin pada *shift* pagi dan siang yang dilakukan tiga kali pada setiap ruangan. Data waktu penyelesaian tugas rutin pada *shift* pagi dan siang ada pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut.

Tabel 2. Data waktu Penyelesaian Tugas Rutin Pada Shift Pagi

| Lokasi | Pekerjaan | Frekuensi | Waktu tiap pekerjaan (menit) | Total Waktu (menit) |
|------------------------------------|---|-----------|------------------------------|---------------------|
| Ruang Operator | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 4 | 4 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 4 | 4 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 2 | 2 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja kerja | 1 | 3 | 3 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 2 | 2 |
| | Pembersihan Rak Lemari Sepatu | 1 | 0.45 | 0.45 |
| | Kebersihan <i>furniture</i> | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan pintu | 1 | 1 | 1 |
| Ruang Nursery | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 4 | 4 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 4 | 4 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 2 | 2 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja kerja | 1 | 0 | 0 |
| | Kebersihan sofa kulit | 1 | 3.5 | 3.5 |
| | Kebersihan wastafel | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan <i>furniture</i> | 1 | 1 | 1 |
| Koridor Op - Nursery | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 6 | 6 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 6 | 6 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 2 | 2 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| Ruang Janitor Cleaning | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 3 | 3 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 3 | 3 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 1 | 1 |
| | - Kerapihan peralatan <i>cleaning</i> | 1 | 2 | 2 |
| Koridor Lift (PL s/d Lift VIP) | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 5 | 5 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 5 | 5 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Pembersihan pintu kaca | 1 | 1 | 1 |
| | Pembersihan Pintu Lift Bag. Luar | 1 | 1 | 1 |
| Ruang Serikat Pekerja | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 7 | 7 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 7 | 7 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 2 | 2 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja kerja | 1 | 3 | 3 |
| | Kebersihan kursi dan sofa | 1 | 4 | 4 |
| | Kebersihan <i>furniture</i> | 1 | 1 | 1 |
| Pembersihan pintu kaca | 1 | 3 | 3 | |
| Toilet Pria | Kebersihan toilet, dan ketersediaan | 10 | 10 | 100 |
| Toilet Wanita | Kebersihan toilet, dan ketersediaan | 10 | 10 | 100 |
| R. Meeting External R 1.9 s/d 1.12 | <i>Sweeping</i> Lantai / vakum lantai (lantai karpet) | 2 | 7 | 14 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |

| Lokasi | Pekerjaan | Frekuensi | Waktu tiap pekerjaan (menit) | Total Waktu (menit) |
|-------------------|---|-----------|------------------------------|---------------------|
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja | 1 | 0.4 | 1.2 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 1.2 | 1.2 |
| Pantry | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 2 | 20 | 40 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 2 | 20 | 40 |
| | Kebersihan wastafel | 2 | 2 | 4 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja makan | 1 | 10 | 10 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 5 | 5 |
| | Kebersihan <i>furniture</i> | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan <i>Kitchen set</i> | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan pintu | 1 | 1 | 1 |
| Lobby Utama | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 2 | 9 | 18 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 2 | 9 | 18 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan maket | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan TV Led | 1 | 0.3 | 0.3 |
| | Kebersihan <i>Barrier gate</i> | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan bangku Marmer | 1 | 1 | 1 |
| | Pembersihan pintu kaca | 1 | 1 | 1 |
| Ruang 1.1 - 1.8 | <i>Sweeping</i> Lantai / vakum lantai (lantai karpet) | 2 | 15 | 30 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja | 1 | 4.2 | 4.2 |
| | Kebersihan lemari hias (khusus 1.1) | 1 | 0.3 | 0.3 |
| | Kebersihan <i>furniture</i> | 1 | 4 | 4 |
| | Kebersihan kursi dan sofa (khusus 1.1) | 1 | 7.9 | 7.9 |
| | Pembersihan pintu kaca | 1 | 5 | 5 |
| Ruang Tunggu Tamu | <i>Sweeping</i> Lantai / vakum lantai (lantai karpet) | 2 | 3 | 6 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja | 1 | 0.3 | 0.3 |
| | Kebersihan sofa | 1 | 1 | 1 |
| Area Reception | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 2 | 2 | 4 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 2 | 2 | 4 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 0.3 | 1 |
| | Kebersihan lemari kunci | 1 | 1 | 1 |
| VRV Room | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 5 | 5 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 5 | 5 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 2 | 2 |
| | - Kerapihan peralatan barang | 1 | 1 | 1 |
| Lorong/Koridor | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 2 | 6 | 12 |

| Lokasi | Pekerjaan | Frekuensi | Waktu tiap pekerjaan (menit) | Total Waktu (menit) |
|-------------------------------|---|-----------|------------------------------|---------------------|
| Taman Sisi Barat - Sisi Utara | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 2 | 6 | 12 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan bangku Marmer | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Pembersihan pintu kaca | 1 | 3 | 3 |
| Ruang Induksi | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 2 | 2 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan lemari hias | 1 | 0.3 | 1 |
| | Kebersihan pintu | 1 | 1 | 1 |
| Ruang Safety Center | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 3 | 3 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 3 | 3 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 0.3 | 1 |
| | Kebersihan alat peraga | 1 | 2 | 2 |
| Kebersihan TV LED | 1 | 0.2 | 0.2 | |
| Ruang Kasir | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 5 | 5 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 5 | 5 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 2 | 1 | 2 |
| | Kebersihan meja | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan brankas bagian luar | 1 | 1 | 1 |
| Ruang Janitor Cleaning | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 2 | 2 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 1 | 1 |
| | - Kerapihan peralatan <i>cleaning</i> | 1 | 1 | 1 |
| Ruang Server | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 2 | 2 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 1 | 1 |

Tabel 3. Data waktu Penyelesaian Tugas Rutin Pada Shift Pagi

| Lokasi | Pekerjaan | Frekuensi | Waktu tiap pekerjaan (menit) | Total Waktu (menit) |
|----------------|---|-----------|------------------------------|---------------------|
| Ruang Operator | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 4 | 4 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 4 | 4 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 2 | 0 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja kerja | 1 | 3 | 3 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 2 | 2 |
| | Pembersihan Rak Lemari Sepatu | 0 | 0.45 | 0 |

| Lokasi | Pekerjaan | Frekuensi | Waktu tiap pekerjaan (menit) | Total Waktu (menit) |
|--|---|-----------|------------------------------|---------------------|
| | Kebersihan <i>furniture</i> | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan pintu | 0 | 1 | 0 |
| Ruang <i>Nursery</i> | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 4 | 4 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 4 | 4 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 2 | 0 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja kerja | 1 | 0 | 0 |
| | Kebersihan sofa kulit | 1 | 3.5 | 3.5 |
| | Kebersihan wastafel | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan <i>furniture</i> | 0 | 1 | 0 |
| Koridor <i>Op - Nursery</i> | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 6 | 6 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 6 | 6 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 2 | 0 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| Ruang <i>Janitor Cleaning</i> | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 0 | 3 | 0 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 0 | 3 | 0 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 1 | 0 |
| | - Kerapihan peralatan <i>cleaning</i> | 0 | 2 | 0 |
| Koridor Lift (PL s/d Lift VIP) | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 5 | 5 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 5 | 5 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 1 | 0 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Pembersihan pintu kaca | 0 | 1 | 0 |
| | Pembersihan Pintu Lift Bag. Luar | 0 | 1 | 0 |
| Ruang Serikat Pekerja | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 7 | 7 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 7 | 7 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 2 | 0 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja kerja | 1 | 3 | 3 |
| | Kebersihan kursi dan sofa | 1 | 4 | 4 |
| | Kebersihan <i>furniture</i> | 0 | 1 | 0 |
| Pembersihan pintu kaca | 0 | 3 | 0 | |
| Toilet Pria | Kebersihan toilet, dan ketersediaan | 1 | 30 | 30 |
| Toilet Wanita | Kebersihan toilet, dan ketersediaan | 1 | 30 | 30 |
| R. <i>Meeting External</i> R 1.9 s/d 1.12 | <i>Sweeping</i> Lantai / vakum lantai (lantai karpet) | 1 | 7 | 7 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja | 1 | 0.4 | 1.2 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 1.2 | 1.2 |
| Pantry | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 20 | 20 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 20 | 20 |
| | Kebersihan wastafel | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan plafon / atap | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan dinding | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja makan | 1 | 10 | 10 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 5 | 5 |
| | Kebersihan <i>furniture</i> | 0 | 2 | 0 |
| | Kebersihan <i>Kitchen set</i> | 0 | 2 | 0 |
| | Kebersihan pintu | 0 | 1 | 0 |
| Lobby Utama | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 9 | 9 |

Standarisasi Jumlah Manpower Cleaning Services Perluas Area Pada Gedung United Tractors Head Office

| Lokasi | Pekerjaan | Frekuensi | Waktu tiap pekerjaan (menit) | Total Waktu (menit) |
|--|---|-----------|------------------------------|---------------------|
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 9 | 9 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan maket | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan TV Led | 0 | 0.3 | 0 |
| | Kebersihan Barrier gate | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan bangku Marmer | 1 | 1 | 1 |
| | Pembersihan pintu kaca | 1 | 1 | 1 |
| | <i>Sweeping</i> Lantai / vakum lantai (lantai karpet) | 1 | 15 | 15 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| Ruang 1.1 - 1.8 | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja | 1 | 4.2 | 4.2 |
| | Kebersihan lemari hias (khusus 1.1) | 1 | 0.3 | 0.3 |
| | Kebersihan furniture | 0 | 4 | 0 |
| | Kebersihan kursi dan sofa (khusus 1.1) | 1 | 7.9 | 7.9 |
| | Pembersihan pintu kaca | 0 | 5 | 0 |
| | <i>Sweeping</i> Lantai / vakum lantai (lantai karpet) | 1 | 3 | 3 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| Ruang Tunggu Tamu | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja | 1 | 0.3 | 0.3 |
| | Kebersihan sofa | 1 | 1 | 1 |
| | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 2 | 2 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| Area Reception | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 0.3 | 1 |
| | Kebersihan lemari kunci | 1 | 1 | 1 |
| | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 5 | 5 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 5 | 5 |
| VRV Room | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 2 | 0 |
| | - Kerapihan peralatan barang | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 6 | 6 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 6 | 6 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| Lorong/Koridor Taman Sisi Barat - Sisi Utara | Kebersihan bangku Marmer | 1 | 1 | 1 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Pembersihan pintu kaca | 1 | 3 | 3 |
| | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 2 | 2 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 1 | 0 |
| Ruang Induksi | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan lemari hias | 1 | 0.3 | 1 |
| | Kebersihan pintu | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 3 | 3 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 3 | 3 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 1 | 0 |
| Ruang Safety Center | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja | 1 | 1 | 1 |

| Lokasi | Pekerjaan | Frekuensi | Waktu tiap pekerjaan (menit) | Total Waktu (menit) |
|------------------------|---|-----------|------------------------------|---------------------|
| Ruang Kasir | Kebersihan kursi | 1 | 0.3 | 1 |
| | Kebersihan alat peraga | 1 | 2 | 2 |
| | Kebersihan TV Led | 0 | 0.2 | 0 |
| | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 1 | 5 | 5 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 1 | 5 | 5 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 1 | 0 |
| | Pembuangan sampah pada tempat sampah | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan meja | 1 | 1 | 1 |
| | Kebersihan kursi | 1 | 1 | 1 |
| Ruang Janitor Cleaning | Kebersihan brankas bagian luar | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 0 | 2 | 0 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 0 | 2 | 0 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 1 | 0 |
| Ruang Server | - Kerapihan peralatan <i>cleaning</i> | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Sweeping</i> Lantai / Menyapu lantai | 0 | 2 | 0 |
| | <i>Mopping</i> lantai / Mengepel lantai | 0 | 2 | 0 |
| | Kebersihan plafon / atap | 0 | 1 | 0 |
| | Kebersihan dinding | 0 | 1 | 0 |

Dari Tabel 2 dan Tabel 3 didapatkan data ringkasannya ada pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Waktu Pengerjaan

| Shift | Waktu (Menit) |
|-------|---------------|
| Pagi | 665.55 |
| Siang | 329.6 |
| Total | 918.95 |

3.2. Allowance

Allowance tersebut menambahkan waktu untuk kebutuhan pribadi, istirahat, dan keterlambatan tak terduga. Faktor kelonggaran 10% diterapkan pada waktu kerja 8 jam per hari dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Waktu Kelonggaran

| Faktor | Nilai (%) |
|---------------------|-----------|
| Kebutuhan Pribadi | 4 |
| Menghilangkan lelah | 6 |
| Keterlambatan | 0 |
| Total | 10% |

3.3. Rating Factor

Selanjutnya penentuan bobot *rating factor* menggunakan metode *Westinghouse* yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. *Performance Rating* dengan *Westinghouse*

| Faktor | Kriteria | Kode | Nilai |
|--------------------|------------------|------|-------|
| <i>Skills</i> | <i>Excellent</i> | B2 | 0.08 |
| <i>Effort</i> | <i>Average</i> | D | 0.00 |
| <i>Condition</i> | <i>Good</i> | C1 | 0.02 |
| <i>Consistency</i> | <i>Excellent</i> | B2 | 0.03 |
| Total | | | 0.13 |

Berdasarkan Tabel 6 *Performance Rating* di atas *Skills* dinilai *Excellent* dengan nilai 0.08, mencerminkan kemampuan teknis yang baik dalam menyelesaikan tugas. *Effort* dinilai *Average* dengan nilai 0.00, menunjukkan usaha standar. *Condition* dinilai *Good* dengan nilai 0.02, mengacu pada kondisi fisik dan lingkungan kerja yang mendukung. *Consistency* dinilai *Excellent* dengan nilai 0.03, menunjukkan kemampuan untuk mempertahankan performa secara konsisten. Dari data di atas dapat ditentukan nilai *rating factor* menggunakan rumus berikut:

$$Fr = 1 + S + E + C + Co \dots\dots\dots(5)$$

$$Fr = 1 + 0.08 + 0.00 + 0.02 + 0.03$$

$$Fr = 1.13$$

Dengan memperhitungkan *rating factor* membantu dalam menyesuaikan perhitungan waktu kerja dengan kondisi nyata di

lapangan, sehingga menghasilkan estimasi waktu yang lebih akurat dan realistis.

3.4. Perhitungan Waktu Baku

Perhitungan waktu baku dimulai dengan menghitung waktu normal yang mempertimbangkan waktu per *shift* dan *rating factor*, kemudian ditambahkan *allowance* untuk mendapatkan waktu baku akhir dan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Waktu Baku

| <i>Shift</i> | Waktu (Menit) | Waktu Normal (Menit) | Waktu Baku (Menit) |
|--------------|------------------|-------------------------|-----------------------|
| Pagi | 665.55 | 752.07 | 827.28 |
| Siang | 329.6 | 372.45 | 372.45 |
| | | Total | 1199.73 |

3.5. Perhitungan Beban Kerja

Setelah didapatkan nilai waktu baku dari pekerja selanjutnya dihitung beban kerja. Hasil perhitungan beban kerja ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan Beban Kerja

| <i>Shift</i> | Waktu Baku (Menit) | Waktu Kerja (Menit) | Beban Kerja (%) |
|--------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
| Pagi | 827.3 | 480 | 172 |
| Siang | 372.4 | 480 | 78 |
| | | Total | 250% |

3.6. Perhitungan Manpower Menggunakan FTE

1. Jumlah Tenaga Kerja

Berdasarkan hasil pengamatan, jumlah cleaning service yang bekerja di Gedung United Tractors *Head Office* adalah sebanyak 20 orang, dengan pembagian 16 orang bekerja pada shift pagi dan 4 orang pada shift siang. Dapat dilihat bahwa total beban kerja yang tidak merata terhadap cleaning services yang berkerja pada shift pagi dengan shift siang. Tabel 9 menunjukkan data *cleaning services* sesuai lokasi dan pembagian jam kerja masing-masing.

2. Perhitungan FTE

Setiap *manpower* memiliki beban kerja yang bervariasi setiap lantainya. Beban kerja dihitung dengan memperhitungkan semua kegiatan yang dilakukan dalam tanggung jawab sebagai *cleaning services*, menentukan waktu dan frekuensi penyelesaian aktivitas untuk menghitung beban kerja per tenaga kerja. Hasil perhitungan dapat dilihat dari Tabel 10.

Tabel 9. Data Manpower

| <i>Manpower</i> | Lokasi | Waktu Kerja |
|-----------------|-------------|--------------|
| A | Lantai 1 | 7:30 – 16:30 |
| B | Lantai 1 | 7:30 – 16:30 |
| C | Lantai 2 | 7:30 – 16:30 |
| D | Lantai 2 | 7:30 – 16:30 |
| E | Lantai 3 | 7:30 – 16:30 |
| F | Lantai 3 | 7:30 – 16:30 |
| G | Lantai 3A | 7:30 – 16:30 |
| H | Lantai 3A | 7:30 – 16:30 |
| I | Lantai 5 | 7:30 – 16:30 |
| J | Lantai 5 | 7:30 – 16:30 |
| K | Lantai 6 | 7:30 – 16:30 |
| L | Lantai 6 | 7:30 – 16:30 |
| M | Lantai 7 | 7:30 – 16:30 |
| N | Lantai 7 | 7:30 – 16:30 |
| O | Lantai 8 | 7:30 – 16:30 |
| P | Lantai 8 | 7:30 – 16:30 |
| Q | Lantai 1&2 | 13:00–20:00 |
| R | Lantai 3&3A | 13:00–20:00 |
| S | Lantai 5&6 | 13:00–20:00 |
| T | Lantai 7&8 | 13:00–20:00 |

Tabel 10. Perhitungan Waktu Baku Manpower

| <i>Manpower</i> | Waktu Total | Waktu Normal | Waktu Baku |
|-----------------|-------------|--------------|------------|
| A | 174 | 196.6 | 216.3 |
| B | 167 | 188.7 | 207.6 |
| C | 170 | 192.1 | 211.3 |
| D | 170 | 192.1 | 211.3 |
| E | 180 | 203.4 | 223.7 |
| F | 180 | 203.4 | 223.7 |
| G | 160 | 180.8 | 198.9 |
| H | 160 | 180.8 | 198.9 |
| I | 180 | 203.4 | 223.7 |
| J | 180 | 203.4 | 223.7 |
| K | 235 | 265.6 | 292.1 |

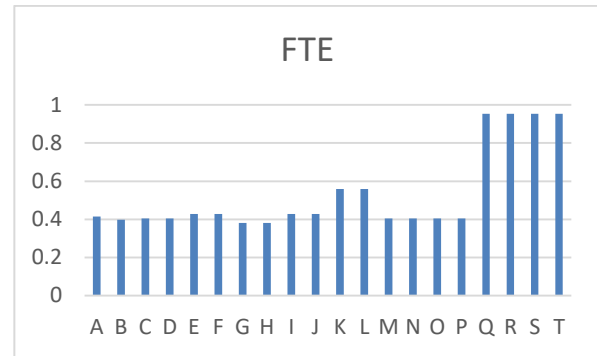
| <i>Manpower</i> | Waktu Total | Waktu Normal | Waktu Baku |
|-----------------|-------------|--------------|------------|
| L | 235 | 265.6 | 292.1 |
| M | 170 | 192.1 | 211.3 |
| N | 170 | 192.1 | 211.3 |
| O | 170 | 192.1 | 211.3 |
| P | 170 | 192.1 | 211.3 |
| Q | 400 | 452 | 497.2 |
| R | 400 | 452 | 497.2 |
| S | 400 | 452 | 497.2 |
| T | 400 | 452 | 497.2 |

Selanjutnya mencari nilai perhitungan *Full Time Equivalent* (FTE). Berikut adalah perhitungan FTE untuk masing-masing *manpower*.

Tabel 11 menunjukkan hasil total beban kerja dan FTE dari setiap *manpower*. Gambar 1 menunjukkan grafik FTE setiap *manpower*. Pada tabel terlihat bahwa beban kerja yang berada pada *shift* siang lebih tinggi dibandingkan dengan *shift* pagi. Dapat disimpulkan bahwa beban kerja pada shift pagi dengan *shift* siang tidak merata.

Tabel 11. Perhitungan FTE

| <i>Manpower</i> | Beban Kerja | FTE |
|-----------------|-------------|------|
| A | 45% | 0.45 |
| B | 43% | 0.43 |
| C | 44% | 0.44 |
| D | 44% | 0.44 |
| E | 47% | 0.47 |
| F | 47% | 0.47 |
| G | 41% | 0.41 |
| H | 41% | 0.41 |
| I | 47% | 0.47 |
| J | 47% | 0.47 |
| K | 61% | 0.61 |
| L | 61% | 0.61 |
| M | 44% | 0.44 |
| N | 44% | 0.44 |
| O | 44% | 0.44 |
| P | 44% | 0.44 |
| Q | 104% | 1.04 |
| R | 104% | 1.04 |
| S | 104% | 1.04 |
| T | 104% | 1.04 |



Gambar 1. Grafik FTE setiap *Manpower*

3.7. Penentuan Tenaga Kerja

1. Tenaga kerja setiap lantai

Di antara dua shift kerja, shift siang memiliki rata-rata beban kerja yang paling tinggi. Hal ini menandakan perlunya penyesuaian jumlah tenaga kerja pada shift tersebut untuk memastikan kelancaran dan efisiensi operasional. Berikut perhitungan jumlah tenaga kerja yang optimal.

$$\text{Tenaga Kerja Optimal} = \frac{250\%}{3} = 83\%$$

Namun, untuk menentukan tenaga kerja optimal yang lebih akurat, perlu dipertimbangkan faktor-faktor seperti perubahan musim, perubahan kebutuhan harian, misalnya lonjakan beban kerja pada hari-hari tertentu atau proyek besar yang datang secara tiba-tiba, harus diantisipasi. Jika beban kerja meningkat hingga 20% , maka tenaga kerja optimal harus disesuaikan menjadi 103% dari perhitungan awal. Ini berarti diperlukan peningkatan tenaga kerja menjadi 2 orang pada *shift* pagi dan 1 orang pada *shift* malam pada setiap .

2. Tenaga kerja sesuai luas area

Rata – rata jumlah tenaga kerja per lantai yaitu 3 orang dan luas area lantai satu pada Gedung United Tractors *Head Office* seluas 1828.39 m². Untuk menghitung jumlah tenaga kerja per luas area dapat dilihat dari perhitungan berikut:

$$\text{Luas Area} = \frac{1828.39 \text{ m}^2}{3} = 609.4 \text{ m}^2$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan bahwa luas area per tenaga kerja sebesar 609.4 m² dengan beban kerja sebesar 103%.

4. Kesimpulan

Dari hasil observasi dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan bahwa dengan melakukan metode *workload analysis* hasil beban kerja *cleaning service* setiap lantai sebesar 250% serta beban *manpower* sekarang tidak merata yang dimana beban kerja pada *shift* pagi rata-rata sebesar 43% hingga 61%, sedangkan beban kerja pada *shift* siang sebesar 104%. Melalui perhitungan dan pembagian beban kerja, tercapai keseimbangan yang signifikan dalam proporsi tugas yang ditangani oleh setiap pekerja. Sebelum perhitungan, beban kerja terdistribusi secara tidak merata, dengan beban kerja tertinggi mencapai 104% dan terendah 43%, sedangkan setelah perbaikan didapatkan beban kerja merata sebesar 103%. dengan jumlah awal tenaga kerja sebanyak 20 orang menjadi 24 orang. Serta dengan pembagian tenaga kerja yang merata didapatkan luas area setiap *manpower* yaitu sebesar 609.4 m². Namun, perlu ditinjau kembali apakah terdapat faktor tambahan yang dapat memengaruhi kemampuan tenaga kerja dalam menangani luas area tersebut secara efektif, seperti jenis tugas spesifik yang dilakukan atau karakteristik lingkungan kerja.

Rekomendasi dan temuan dari penelitian ini dapat diterapkan di industri atau gedung perkantoran lain, terutama yang memiliki banyak lantai atau area yang perlu dikelola secara efisien. Dengan menggunakan metode WLA, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi tenaga kerja, mengurangi kelelahan karyawan, dan memastikan area dibersihkan secara memadai tanpa membebani pekerja secara berlebihan.

Untuk pengembangan penelitian di masa depan, disarankan agar dilakukan analisis lebih mendalam yang mempertimbangkan variabilitas beban kerja berdasarkan jenis tugas, seperti pembersihan rutin versus

pembersihan mendalam. Penelitian juga dapat diperluas dengan mempertimbangkan penggunaan teknologi seperti sistem manajemen tenaga kerja berbasis aplikasi atau alat otomatis untuk membantu distribusi tenaga kerja yang lebih efisien. Selain itu, faktor psikologis dan fisik karyawan juga dapat dianalisis lebih lanjut guna memastikan keseimbangan beban kerja yang lebih holistik dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Adawiyah, W. (2013). Analisis beban kerja sumber daya manusia dalam aktivitas produksi komoditi sayuran selada (studi kasus : cv spirit wira utama). Program Studi Manajemen Institut Pertanian Bogor
- Agus, S., Mahbubah, N. A., & Andesta. (2018). Penerapan metode workload analysis guna menganalisis beban kerja sebagai pertimbangan pemberian intensif pada operator UD. Karya Mandiri. Jurnal Universitas Muhammadiyah Gresik, 53(9).
- Chan, Pratiwi, Sanjaya dan Rahardjo. 2018. Analisis Beban Kerja Pada Cleaning Services di PT. XYZ Dengan Metode Full Time Equivalent. Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Petra Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236.
- Kamala, V., Malliga, P. and Priyanka, G. M.. 2016. Criteria Based Ergonomic Assessment in a Manufacturing Industry. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Bali, pp. 238-242.
- Marlina, L. (2015). Manajemen Sumber Daya Manusia (SDM) dalam pendidikan. Istinbath, XIV(15), pp. 123–139.
- Megbo, et al. 2015. Applications of Full Time Equivalent and Its Implications on

Resources Planning in Nigerian Universities. Vol B, No 1.

- Prasetya, (2017). Efektivitas Manpower Planning Dengan Menggunakan Metode Analisis Beban Kerja (Work Load Analysis) Berdasarkan Pendekatan Full Time Equivalent. *Jurnal Administrasi Bisnis*, Vol. 42 No. 1 Januari 2017.
- Rahmat Hermawan, N., & Banjarsari. (2019). Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Galuh Ciamis 46215. 06(01), 91–114.
- Ridha, I. R., Bakar, A., & Nugraha, C. (2013). Usulan Kebutuhan Jumlah Tenaga Kerja di Bagian Water Based PT . X Berdasarkan Analisis Beban Kerja
- Riyanto, Y., (2010). Metodologi Penelitian Pendidikan. Surabaya : Penerbit SIC
- Roidelindho. 2017. PENENTUAN BEBAN KERJA DAN JUMLAH TENAGA KERJA OPTIMAL PADA PRODUKSI TAHU. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, Vol. 3, No. 1 November 2017.
- Wigjosoebroto, & S. (2003). Ergonomi Studi Gerak Dan Waktu
- Wignjosoebroto, S. (1992). Pengantar Teknik & Manajemen Industri. Surabaya : Guna Widya.
- Zainal, I.Z., & Ramadhanti, R. (2019). Need analysis of non-permanent employees with Full Time Equivalent (FTE) method. *E-Jurnal Apresiasi Ekonomi*, (7) 267-285.