

USULAN PERBAIKAN TATA LETAK FASILITAS LINI PRODUKSI BOOS CRANKCASE BRACKET PT. XYZ

M. Derajat Amperajaya
Teknik Industri Universitas Esa Unggul, Jakarta
Jln Arjuna Utara No.9 Kebon Jeruk Jakarta
derajat.amperajaya@esaunggul.ac.id

Abstrak

Memasuki era masyarakat ekonomi Asean (MEA) Desember 2015 ini, persaingan industri manufaktur tidak hanya antar perusahaan dalam negeri tetapi juga harus bersaing dengan perusahaan dari negara-negara Asean lain. PT. XYZ merespon situasi tersebut dengan berupaya untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi penggunaan lahan produksinya melalui peningkatan kapasitas produksi. PT. XYZ sedang berencana untuk meningkatkan kapasitas di lini produksi *Boss Crankcase Bracket*. Produk ini salah satu komponen kendaraan roda dua yang merupakan produk unggulannya, yaitu produk yang dipesan oleh pelanggan tetapnya dalam jumlah yang banyak. Pendekatan yang dilakukan yaitu dengan menggunakan metode optimalisasi Tata Letak Pabrik, Peta-peta Kerja dan *Routing Sheet*. Area tata letak pada lini produksi *Boss Crankcase Bracket* sebelum penelitian/ perbaikan memiliki luas lantai 175 m², jarak perpindahan bahan 42 m². Biaya penanganan bahan sebesar Rp 90, dan efisiensi kerja 490 menit. Setelah dilakukan penelitian dengan menggunakan metode *Routing Sheet* melalui pengumpulan, pengolahan, dan analisa data, maka diusulkan beberapa perbaikan/ perubahan tata letak lini produksinya, sehingga dapat diperoleh hasil-hasil perhitungannya sebagai berikut: luas lantai 145 m², jarak perpindahan bahan 28 m², biaya penanganan bahan Rp 58, dan efisiensi kerja 350 menit.

Kata kunci : Tata letak lini produksi, *Boss Crankcase Bracket*, *routing sheet*

Pendahuluan

Di era menjelang berlakunya Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) Desember 2015 ini, sektor industri manufaktur di Indonesia dihadapkan pada kondisi persaingan yang makin meningkat, tidak hanya dengan sesama pelaku industri di tanah air tetapi juga pelaku dari negara-negara Asean lainnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memenangkan persaingan adalah dengan memanfaatkan area produksinya seefisien mungkin.

PT. XYZ merupakan salah satu produsen komponen otomotif/kendaraan roda dua yang sedang merencanakan untuk menata ulang tata letak fasilitas produksinya sehubungan peningkatan permintaan yang sangat pesat akan jumlah komponen kendaraan roda dua dari berbagai prinsipal/ pabrik perakitan. Dengan semakin beragamnya jenis kendaraan bermotor roda dua yang beredar di pasaran, maka PT. XYZ berupaya untuk meningkatkan kapasitasnya melalui penataan ulang tata letak lini produksinya agar dapat dimanfaatkan seefektif dan efisien mungkin. Salah satu produk unggulan yang dihasilkan PT. XYZ adalah *Boss Crankcase Bracket* yaitu komponen suku cadang mesin kendaraan bermotor roda dua, yang dipesan dalam jumlah besar oleh pelanggan tetapnya. Untuk memberikan pelayanan yang maksimal bagi pelanggan tetapnya maka perusahaan ini melakukan berbagai inovasi untuk meningkatkan kapasitas produksi *Boss Crankcase Bracket* nya antara lain dengan terus melengkapi dan

memperbaharui mesin produksi dan fasilitas penunjangnya serta me-*re-layout* lini produksinya.

Penelitian ini dilakukan dalam rangka mengoptimalkan area produksi melalui *re-layout* lini produksi *Boss Crankcase Bracket*. Periode pengambilan data dilakukan pada bulan Januari – Maret 2015. Analisa dilakukan dengan menggunakan metode *Routing Sheet*.

Metode Penelitian

Tahap awal penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data di lini produksi *Boss Crankcase Bracket* berupa kapasitas produksi perhari dan jumlah jam kerja di lini tersebut. Tahap berikutnya berupa identifikasi urutan/ tahapan proses produksi, jenis mesin dan jumlah mesin produksi, serta luas area kerja mesin produksi yang digunakan. Tahap selanjutnya yaitu memotret dan mengidentifikasi tata letak mesin produksi, mengukur waktu untuk pemindahan material dari masing-masing proses, mengumpulkan data waktu baku dan waktu set-up setiap proses, mengumpulkan data persentase *scrap*, mengumpulkan data jumlah produk yang dipesan dan yang akan diproduksi, meminta data kehandalan mesin produksi.

Tahap selanjutnya menyusun aliran proses produksi aktual beserta data-data yang tersedia ke dalam *routing sheet* dan menganalisisnya. Dengan menggunakan *routing sheet* dapat diketahui jumlah mesin teoritis yang dibutuhkan. Berdasarkan perhitungan upah operator dan mengukur serta

menghitung jarak perpindahan material yang dilakukannya (perpindahan dilakukan secara manual) maka akan dapat diperoleh biaya perpindahan material.

Berdasarkan pengolahan data dan perhitungan yang dilakukan maka dapat diperoleh perbandingan antara kondisi tata letak saat ini dengan kondisi usulan, yaitu: jumlah mesin, luas area lini produksi *Boos Crankcase Bracket*, biaya perpindahan material, dan efisiensi kerja.

Hasil dan Pembahasan

Berikut ini adalah data kapasitas produksi lini *Boos Crankcase Bracket* PT. XYZ.

Tabel 1
Kapasitas Produksi
Boos Crankcase Bracket

Item	Jumlah dan Satuan
Kapasitas produksi <i>Boos Crankcase Bracket</i>	350 unit/ hari
Efisiensi Pabrik	85 %
Lama jam kerja/ hari	8 jam/ hari
Jumlah hari kerja/ minggu	5 hari/ minggu
Total waktu kerja/ bulan	9600 menit/ bulan
Upah pekerja/ bulan	Rp 2.000.000
Batas Lembur	25 %
Total jarak tempuh 1 palet	42 meter
Waktu pindah bahan untuk jarak 5 meter	10 detik
Jumlah lini produksi	4 lini

(Sumber: PT. XYZ, April 2015)

Adapun data urutan proses produksi, jenis mesin yang digunakan, serta luas area kerja lini tersebut seperti tercantum pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2
Penggunaan Luas Lantai Sebelum Perbaikan Lini *Boos Crankcase Bracket*

Kegiatan	Mesin	Luas area perunit (m ²)	Jumlah	Luas area perkegiatan (m ²)	Kelonggaran 25%	Jumlah Luas Operasi (m ²)
Pemotongan	<i>Cutting Band Saw</i>	6	4	24	6	30
Pembuatan lubang dan pemotongan	<i>Bench Lathe (Turret)</i>	6	4	24	6	30
Pengeboran	<i>Drilling Machine</i>	5	4	20	5	25
Pembesaran lubang	<i>Bench Lathe (Turret)</i>	6	4	24	6	30
Penghalusan produk	<i>Bench Lathe (Turret)</i>	6	4	24	6	30
Pengeboran akhir	<i>Bench Lathe (Turret)</i>	6	4	24	6	30
Total						175

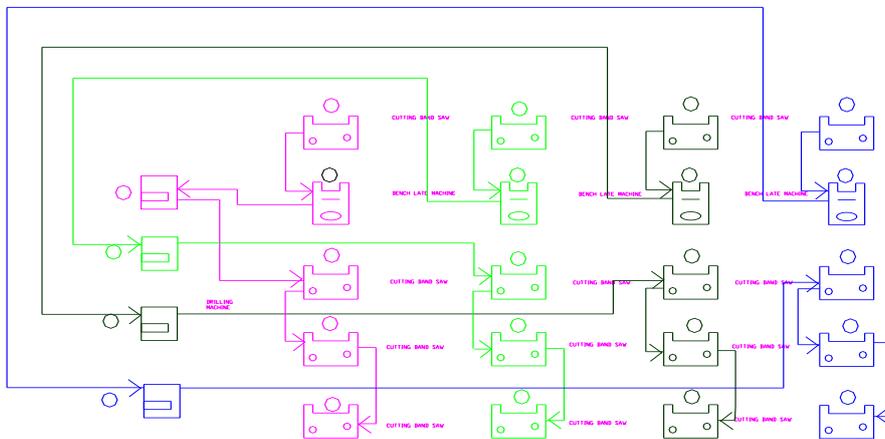
(Sumber: PT. XYZ, April 2015)

Peta aliran proses produksi sebelum perbaikan (kondisi saat ini), berdasarkan uraian detail kegiatan, jarak perpindahan material, serta waktu yang

dibutuhkan untuk memindahkan material, seperti tampak pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3
Peta Aliran Proses Sebelum Perbaikan (kondisi saat ini)

Uraian Kegiatan	Lambang	Jarak (m)	Jumlah	Waktu (menit)
	○ □ → D ▽			
Di proses di mesin <i>Band Saw</i>	○			
Diletakkan di atas Mesin	○			
Dipotong	○			
Dibawa ke mesin <i>Turret Lathe SD52</i>	○	6		0,2
Diletakkan di atas mesin	○			
Dipotong sesuai ukuran	○			
Dilubangi bagian dalam	○			
Dibawa ke mesin <i>Drilling</i>	○	14		0,47
Pembesaran Diameter	○			
Penambahan kedalaman	○			
Dibawa ke mesin <i>Turret Lathe SD52</i>	○	10		0,33
Penambahan diameter	○			
Penambahan kedalaman	○			
Dibawa ke mesin <i>Turret Lathe SD52</i>	○	6		0,2
Menghaluskan sisi-sisi	○			
Dibawa ke mesin <i>Turret Lathe SD52</i>	○	6		0,2
Melubangi tahap akhir	○			
TOTAL		42		1,4



Gambar 1
Aliran Tata Letak Sebelum Perbaikan

Perhitungan Biaya Penanganan/ Pindahan Bahan/ Material

Pergerakan material/ bahan hampir seluruhnya menggunakan tenaga manusia. Dari lembar pemeriksaan pindahan material yang dilakukan berdasarkan kondisi tata letak sekarang, dapat dihitung biaya penanganan bahan untuk pembuatan *Boss Crankcase Bracket* yaitu total biaya merupakan hasil dari total upah pekerja per meter dikali jarak perpindahannya. Perhitungan

biaya pemindahan/ penanganan bahan/ material akan lebih menitik beratkan pada biaya yang terjadi akibat jarak perpindahannya. Jarak yang terjadi akibat perpindahan bahan di konversikan ke waktu sehingga berdasarkan perhitungan waktu (sebelum perbaikan) akan diketahui waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja untuk melakukan pekerjaan perpindahan bahan, sehingga secara otomatis akan diketahui pula biaya yang harus di keluarkan.

Biaya Tenaga Kerja setiap perpindahan:

1. Jarak yang ditempuh per satu palet
 = Total jarak perpindahan
 = 42 meter

$$= \frac{42 \text{ meter}}{9600 \text{ menit}} \times 1,4$$
2. Untuk mencapai jarak 5 meter dibutuhkan waktu 10 detik, sehingga waktu yang di perlukan untuk perpindahan 1 palet adalah:
 42 meter
 = $\frac{42 \text{ meter}}{5 \text{ meter}} \times 10 \text{ detik}$
 = 84 detik = 1,4 menit
3. Biaya pemindahan material perpalet:
 upah pekerja per bulan
 = $\frac{\text{Total jam kerja}}{\text{Total jam kerja}} \times 1,4$

Penentuan Jumlah Mesin Teoritis.

Untuk mengetahui jumlah mesin yang optimal di lini produksi *Boss Crankcase Bracket*, digunakan metode *Routing Sheet*. Maka diperlukan data mesin yang meliputi kapasitas produksi, waktu *set-up*, *reliabilitas* dan persentase *scrap* seperti yang tersaji pada tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4
Routing Sheet Jumlah Mesin

No	Kegiatan	Mesin	Waktu Baku (detik)	Waktu Set-up (detik)	Kapasitas Alat Teoritis Perhari	% Scrap	Jumlah yang diharapkan	Jumlah yang Disiapkan	Produksi dengan Efisiensi	Reliabilitas Mesin (%)	Jumlah Mesin Teoritis
1	Pemotongan bahan baku	<i>Cutting Band Saw</i>	15,5	200	1845	0	841,023	841,023	989,44	81	0,66
2	Pembuatan lubang & Pemotongan	<i>Bench Lathe Machine</i>	15,2	180	1882	15	714,869	841,023	989,44	75	0,7
3	Pengeboran	<i>Drilling Machine</i>	18,6	150	1540	20	571,895	714,869	841,02	70	0,79
4	Pembesaran lubang	<i>Bench Lathe Machine</i>	28,5	50	1008	20	457,516	571,895	672,82	100	0,67
5	Penghalusan produk	<i>Bench Lathe Machine</i>	31,2	0	923	15	388,889	457,516	538,25	100	0,59
6	Pengeboran akhir	<i>Bench Lathe Machine</i>	20,3	0	1418	10	350	388,889	457,52	100	0,33

Berikut ini adalah metode perhitungan *Routing Sheet* jumlah mesin:

1. Waktu baku (diperoleh dari perusahaan).
2. Waktu set-up (diperoleh dari perusahaan).
3. Kapasitas alat teoritis:

$$= \frac{\text{Jam kerja/ hari} - (\text{frek. setup} \times \text{waktu setup})}{\text{Waktu baku}}$$
4. Persentasi *scrap* (diperoleh dari data mesin perusahaan)
5. Jumlah yang disiapkan:

$$= \frac{\text{Jumlah yang diharapkan}}{1 - \text{persentasi } \textit{scrap}}$$
6. Produksi dengan efisiensi

$$= \frac{\text{Jumlah yang disiapkan}}{\text{Efisiensi pabrik}}$$
7. Jumlah mesin teoritis

$$= \frac{\text{Produksi pada efisiensi}}{\text{Reliabilitas} \times \text{Kap. mesin teoritis}}$$

Dengan demikian maka dapat diperbandingkan jumlah mesin aktual dengan jumlah mesin teoritis seperti tercantum pada tabel 5 di bawah ini

Tabel 5
Perbandingan Jumlah Mesin

Kegiatan	Mesin	Jumlah Mesin Teoritis	Jumlah Mesin Aktual
Pemotongan	<i>Cutting Band Saw</i>	0,66	1
Pembuatan Lubang dan pemotongan	<i>Bench Lathe Machine (Turret)</i>	0,7	1
Pengeboran	<i>Drilling Machine</i>	0,79	1
Pembesaran Lubang	<i>Bench Lathe (Turret)</i>	0,67	1
Penghalusan Produk	<i>Bench Lathe (Turret)</i>	0,59	1
Pengeboran Akhir	<i>Bench Lathe (Turret)</i>	0,33	1
Total Jumlah Mesin	5	6	

Dari tabel perbandingan jumlah mesin di atas terlihat bahwa untuk kegiatan "Penghalusan produk" dan "Pengeboran akhir" menggunakan jenis mesin yang sama yaitu *Bench Lathe (Turret)*

dan keduanya membutuhkan jumlah mesin teoritis yang sedikit. Jika kedua proses/ kegiatan ini di gabung, membutuhkan jumlah mesin teoritis masih kurang dari 1 (satu). Artinya dengan menggabungkan kedua kegiatan ini untuk dikerjakan di mesin yang sama maka akan mengurangi 1 (satu) kegiatan. Dari tabel 2 di atas, diketahui bahwa lini *Boos Crankcase Bracket* ini untuk setiap kegiatannya menggunakan 4 (empat) mesin, sehingga dengan penggabungan menjadi 1 (satu) proses/ kegiatan yang tersebut, berarti dapat mengurangi jumlah mesin yang tersedia saat ini sebanyak 4 unit. Dengan penggabungan 2 (dua) proses menjadi 1 proses memberikan beberapa manfaat yaitu:

- Pengurangan jumlah mesin produksi yang sebelumnya 6 buah menjadi 5 buah per lini

(sehingga total pengurangan jumlah mesin sebanyak 4 mesin), berdampak pada pengurangan luas lantai.

- Mesin-mesin produksi dapat ditata ulang dengan penempatan yang lebih dekat sehingga jarak yang dibutuhkan untuk memproses atau melakukan pemindahan material antar mesin dapat lebih pendek. Artinya waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan material antar proses menjadi makin singkat. Pengurangan jumlah mesin *Bench Lathe (Turret)* sebanyak 4 (empat) unit tersebut tentu saja akan mengurangi luas area produksi yang selama ini digunakan. Pada tabel 6 berikut ini tercantum penggunaan luas area berdasarkan usulan penggabungan kegiatan/ proses dan tata letak yang baru.

Tabel 6
Luas Penggunaan Area Tata Letak Usulan

Kegiatan	Jenis Mesin	Luas area perunit (m ²)	Jumlah	Luas area perkegiatan (m ²)	Kelonggaran 25%	Jumlah Luas Operasi (m ²)
Pemotongan Pembuatan Lubang dan Pemotongan	<i>Cutting Band Saw</i>	6	4	24	6	30
Pengeboran	<i>Bench Lathe Machine (Turret)</i>	6	4	24	6	30
Pembesaran Lubang	<i>Drilling Machine</i>	5	4	20	5	25
Penghalusan Benda dan Pengeboran akhir	<i>Bench Lathe (Turret)</i>	6	4	24	6	30
Total	<i>Bench Lathe (Turret)</i>	6	4	24	6	30
						145

Pengurangan Luas Area Lini Produksi

Dari tabel 6 di atas terlihat bahwa total jumlah luas area lini produksi yang diusulkan 145 m² lebih kecil dari kondisi sekarang yang 175 m², dengan demikian akan mengurangi biaya tenaga

kerja untuk perpindahan material perpalet. Tabel 7 di bawah ini tercantum pengolahan data sehubungan adanya pengurangan luas area serta perbaikan/ penyesuaian tata letak yang berdampak pada area perpindahan material/ bahan.

Tabel 7
Peta Aliran Proses Usulan

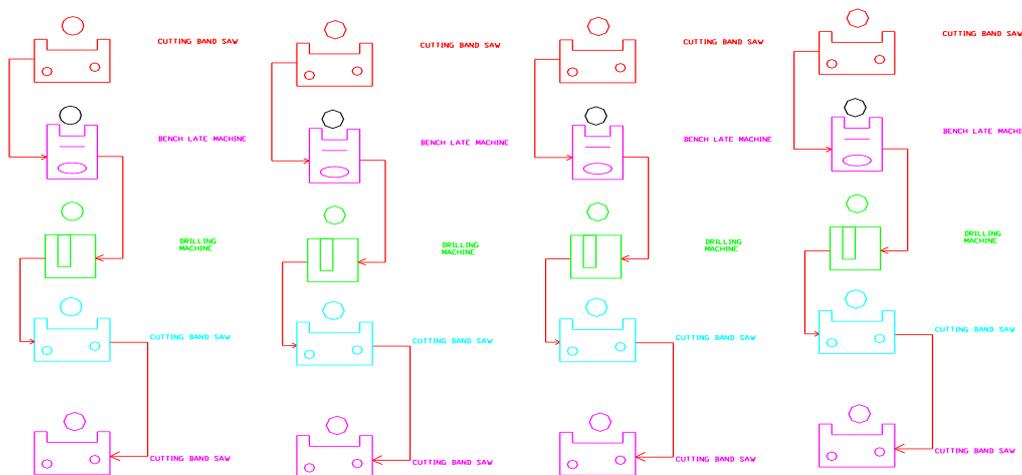
Uraian Kegiatan	Lambang	Jarak (m)	Jumlah	Waktu (menit)
	○ □ ⇨ ▭ ▽			
Di proses di mesin <i>Band saw</i>	○			
Diletakkan di atas Mesin	○			
Dipotong	○			
Dibawa ke mesin <i>Turret Lathe SD52</i>	○	6		0,2
Diletakkan di atas mesin	○			
Dipotong sesuai ukuran	○			
Dilubangi bagian dalam	○			
Dibawa ke mesin <i>Drilling</i>	○	6		0,2
Pembesaran Diameter	○			
Pembesaran kedalaman	○			
Dibawa ke mesin <i>Turret Lathe SD52</i>	○	10		0,33
Penambahan diameter	○			
Penambahan kedalaman	○			
Dibawa ke mesin <i>Turret Lathe SD52</i>	○			
Menghaluskan sisi-sisi	○			
Dibawa ke inspection	○	6		0,2
Pemeriksaan/ inspection	○			
TOTAL		28		0,93

Rincian perhitungan biaya berdasarkan luas area lini dan perubahan tataletaknya adalah sebagai berikut:

1. Jarak tempuh per palet *Boss Crankcase Bracket* (dari tabel 6):
 - = Total jarak yang ditempuh
 - = 28 meter
2. Waktu yang diperlukan untuk perpindahan adalah:
 - Jarak ditempuh perpalet
 - = $\frac{5 \text{ meter}}{28 \text{ meter}} \times 10 \text{ detik}$
 - = $\frac{5 \text{ meter}}{5 \text{ meter}} \times 10 \text{ detik}$
 - = 56 detik = 0,93 menit

3. Biaya yang dikeluarkan untuk pekerja:
 - Upah pekerja per bulan
 - = $\frac{\text{Total jam kerja}}{9600 \text{ menit}} \times \text{Wkt pindah}$
 - Rp 2.000.000
 - = $\frac{\text{Rp 2.000.000}}{9600 \text{ menit}} \times 0,93 \text{ Menit}$
 - = Rp 194,4

Dengan adanya perubahan jumlah mesin maka untuk efisiensi kerja dilakukan penyesuaian tata letak mesin-mesin lini produksi tersebut. Perubahan aliran proses dan tata letaknya seperti terlihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2
Aliran Tata Letak Usulan Perbaikan

Dari tabel 6, tabel 7 dan gambar 2 di atas maka dapat dilakukan analisis sebagai berikut:

Analisa Terhadap Tingkat Efisiensi kerja di Lini Boss Crankcase Bracket

Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi kerja dalam setiap kegiatan produksi adalah dengan cara membuat tata letak pabrik yang memperhatikan jarak perpindahan bahan pada setiap aliran proses produksi. Dalam penelitian ini, masukan yang ingin diterapkan pada pembuatan *Boss Crankcase Bracket* adalah menata ulang mesin-mesin yang ada dengan menghilangkan mesin-mesin yang tidak optimal dalam pemrosesan. Untuk mengetahui perhitungan rata-rata waktu pemindahan bahan per hari maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- Pada tata letak lama:
 - Rata-rata waktu pemindahan *Boss Crankcase Bracket* per hari adalah :

Waktu pemindahan per palet dikalikan jumlah produk yang dihasilkan, sehingga didapatkan perhitungan:

$$1,4 \text{ menit} \times 350 \text{ buah } \textit{Boss Crankcase Bracket} = 490 \text{ menit per hari.}$$

- Pada tata letak usulan:
 - 0,93 menit x 350 buah *Boss Crankcase Bracket* = 325,5 menit per hari.

Dengan demikian, kita dapat mengetahui hingga seberapa besar persentase peningkatan efisiensi yang terjadi pada tata letak usulan apabila dibandingkan dengan tata letak lama, berikut ini adalah perhitungan peningkatan persentase efisiensi berdasarkan waktu proses pembuatan *Boss Crankcase Bracket*.

Peningkatan prosentase tingkat efisiensi kerja produksi *Boss Crankcase Bracket* :

$$= \frac{490 - 325,5}{490} \times 100 \%$$

490

= 33,6 %

Dengan demikian dari hasil rancangan pada setiap tahapan di atas maka terdapat beberapa perbedaan pada tata letak sebelum perbaikan dan tata letak usulan/ setelah perbaikan seperti yang tampak pada tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8
Peningkatan Persentase Efektifitas dan Efisiensi Pemanfaatan Area Produksi *Boos Crankcase Bracket*

Kriteria	Sebelum Perbaikan	Usulan Perbaikan	Perbedaan	Peningkatan (%)
1. Luas Lantai Produksi	175 m	145 m	30 m	17,14 %
2. Jarak Perpindahan Bahan	42 m	28 m	14 m	33,3 %
3. Biaya Penanganan Bahan	Rp 291,7	Rp 194,4	Rp 97,3	33,36 %
4. Efisiensi Kerja	490 menit	325,5 menit	164,5 menit	33,6 %

Kesimpulan

Susunan tata letak lini produksi *Boos Crankcase Bracket* PT. XYZ sebelum dilakukan usulan perbaikan, terdiri dari 4 (empat) lini produksi yang masing-masing lini terdiri dari 6 (enam) mesin produksi yang berfungsi untuk melakukan 6 proses produksi/ kegiatan yang berbeda. Keseluruhan proses/ kegiatan ini membutuhkan luas lantai 175 m² dengan jarak pemindahan bahan sejauh 42 m yang ditempuh selama 1,4 menit.

Dengan menggunakan peta aliran proses dan *routing sheet*, dapat dilakukan penggabungan 2 (dua) kegiatan/ operasi yaitu: operasi penghalusan benda dan pengeboran akhir, yang selama ini dilakukan oleh 2 (dua) mesin produksi cukup dilakukan oleh 1 (satu) mesin produksi yang sama.

Berkurangnya 1 (satu) mesin produksi disetiap lini maka total jumlah mesin yang berkurang sebanyak 4 (empat) mesin produksi. Sehingga 4 (empat) lini produksi *Boos Crankcase Bracket* yang semula menggunakan 24 mesin produksi, diusulkan cukup menggunakan 20 mesin produksi.

Usulan rancangan tata letak lini produksi yang baru untuk 4 (empat) lini produksi yang masing-masing lini terdiri dari 5 (lima) mesin produksi, seluruhnya membutuhkan luas lantai 145 m² (lebih hemat areanya 17,14 %), dengan jarak pemindahan bahan sejauh 28 m (lebih pendek 33,3 %), dan waktu yang ditempuh untuk pemindahan material selama 0,93 menit (lebih singkat 33,6 %).

Biaya penanganan bahan untuk jarak yang ditempuh pada tata letak semula sebesar Rp 291,7,

sedangkan biaya pada tata letak yang diusulkan sebesar Rp 194,4 per palet (lebih hemat 33,3 %).

Waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan material/ produk sebanyak 350 palet perhari pada tata letak semula sebesar 490 menit, sedangkan pada tata letak yang diusulkan sebesar 325,5 menit.

Daftar Pustaka

Apple, J. M. (1990). *Tata letak pabrik dan pemindahan bahan*. Georgia Institute of Technology : ITB Bandung.

Jurnal [http://organisasi.org/macam dan jenis tata letak plant layout pabrik](http://organisasi.org/macam-dan-jenis-tata-letak-plant-layout-pabrik).

Jurnal.bysatria.wordpress.com/2015/02/02/plant_lay_out_facilities_lay_out.

Meyers, F. E. (1993). *Plant layout and material handling*. Prentice Hall, New York.

Meyers, F. E., & Stephens, M. P. (2004). *Manufacturing facilities design and material handling*. New York: Prentice Hall

Muther, R., (1955). *Practical plant lay out*. New York : McGraw-Hill Book Co.

Tomkins, J. A. & White, J. A. (1976). *Facilities planning*. New York: Chichester Brisbane Toronto Singapore.

Turner, W. C., Joe H. M., & Kenneth E. C. (1987). *Introduction to industrial and systems engineering*, (Second Edition). USA: Prentice-Hall International, Inc.

Wignjosobroto, S. (2003). *Tata letak pabrik dan pemindahan bahan*. Surabaya: Guna Widya.