

**RANCANGAN KESEIMBANGAN LINTASAN STASIUN KERJA
GUNA MENINGKATKAN EFISIENSI WAKTU SIKLUS OPERASI PRODUK ES BALOK
(STUDI KASUS: PERUSAHAAN ES BALOK, PT.X PANDAAN PASURUAN)**

(¹)Dupi Fudianto¹, (²)Misbach Munir

(^{1,2}) Program Studi Teknik Industri, Universitas Yudharta Pasuruan

ABSTRAK

PT. X Pandaan adalah suatu perusahaan yang memproduksi atau menghasilkan es balok. Di lingkungan PT. X Pandaan ini memang terletak di daerah yang banyak mengandung air atau dekat dengan sumber air. Sehingga air sebagai bahan baku utama untuk pembuatan es tidaklah sulit untuk didapatkan. PT. X Pandaan mengambil bahan baku air dari sumber air sungai yang terletak di lingkungan pabrik dengan kedalaman ± 80 m. Selain itu proses produksi es balok yang terdapat di PT. X Pandaan tergolong pada proses produksi yang continue. Berdasarkan permasalahan yang ditemukan di perusahaan, diketahui terjadi kemacetan untuk proses produksinya dalam 30 hari selama 4090 menit, sehingga perusahaan tidak mampu memenuhi kebutuhan sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini diakibatkan oleh perencanaan dan pengendalian yang kurang akurat. Selain itu, terjadi pula kemacetan antar stasiun produksinya, sehingga produksi sering terlambat, melebihi batas waktu yang seharusnya, yang berakibat pada penundaan pengiriman barang produksi. Line Balancing merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk meminimalkan waktu tunggu dalam proses produksi. Dalam konsep ini, elemen-elemen operasi akan digabungkan menjadi beberapa stasiun kerja. Mengingat proses produksi es balok tergolong pada proses produksi yang continue melainkan antara proses yang satu dengan yang lain saling berkaitan, oleh karena itu dibutuhkan pengukuran waktu dalam proses produksi untuk mengurangi waktu tunggu yang ada di setiap proses pembuatan es balok. Metode Ranked Positional Weight (RPW) merupakan metode gabungan antara metode Large Candidate Ruler dengan metode region approach. Nilai RPW merupakan perhitungan antara elemen kerja tersebut dengan posisi masing-masing elemen kerja dalam precedence diagram. Tujuan dari penelitian ini penerapan line balancing dengan pendekatan metode Ranked Positional Weight (RPW) untuk mengurangi waktu tunggu proses produksi es balok dan menyeimbangkan beban kerja pada proses produksi. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa metode tersebut menghasilkan rancangan keseimbangan lintasan yang lebih baik, dengan tingkat efisiensi lintasan 72%, balance delay 28%, smoothing index 726 menit, dan stasiun kerja berjumlah 3 stasiun kerja.

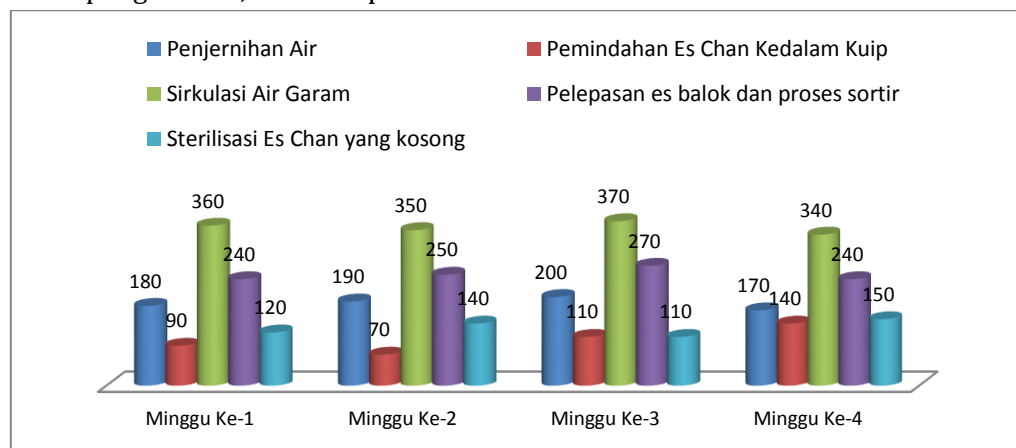
Kata kunci: *Line Balancing, Delay, RPW, smoothing index.*

1. Pendahuluan

Dengan semakin berkembangnya sektor industri di Indonesia, hampir semua perusahaan senantiasa harus mengeluarkan ide-ide yang berinovasi pada proses produksinya dalam rangka meningkatkan pemanfaatan sumber daya yang tersedia seoptimal mungkin untuk menghasilkan tingkat produk semaksimal mungkin dari segi kuantitas maupun kualitas. Tanpa mengurangi kualitas dari produk, para pelaku industri es melakukan *cost reduction* mulai dari modifikasi proses, modifikasi urutan kerja, memodifikasi *Lay Out*, menurunkan biaya *Overtime* dan lain-lain, dengan tujuan untuk memaksimalkan keuntungan yang diperoleh perusahaan tersebut.

¹ duplatino@gmail.com

PT. X Pandaan adalah suatu perusahaan yang memproduksi atau menghasilkan es balok. Di lingkungan PT. X Pandaan ini memang terletak di daerah yang banyak mengandung air atau dekat dengan sumber air. Sehingga air sebagai bahan baku utama untuk pembuatan es tidaklah sulit untuk didapatkan. PT. X Pandaan mengambil bahan baku air dari sumber air sungai yang terletak di lingkungan pabrik dengan kedalaman ± 80 m. Selain itu proses produksi es balok yang terdapat di PT. X Pandaan tergolong pada proses produksi yang *continue*. Hal ini disebabkan oleh antara proses yang satu dengan yang lain saling berkaitan, sehingga membutuhkan pengukuran waktu dalam proses produksi untuk mengetahui waktu baku dan diharapkan dapat mengurangi waktu tunggu yang ada di setiap proses pembuatan es balok guna meningkatkan produktivitas perusahaan. Adapun waktu *delay* yang sering terjadi dalam pengukuran proses produksi tersebut selama 30 hari pengamatan, hal ini dapat diketahui dari tabel berikut :



Gambar 1. Diagram Waktu Delay Proses Produksi

Sumber : Data Hasil Pengamatan

Berdasarkan permasalahan yang ditemukan di perusahaan, diketahui terjadi kemacetan untuk proses produksinya dalam 30 hari selama 4090 menit, sehingga perusahaan tidak mampu memenuhi kebutuhan sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini diakibatkan oleh perencanaan dan pengendalian yang kurang akurat. Selain itu, terjadi pula kemacetan antar stasiun produksinya, sehingga produksi sering terlambat, melebihi batas waktu yang seharusnya, yang berakibat pada penundaan pengiriman barang produksi. Hal ini sering mengakibatkan konsumen tidak puas dan membatalkan pembelian karena waktu produksi yang terlalu lama. Akibat produksi yang terhambat, jam kerja para tenaga kerjanya pun tidak teratur dan dapat dialihkan ke bidang pekerjaan lain saat produksi tidak berlangsung. Hal tersebut menyebabkan *efektivitas* kinerja terganggu dan berakibat pada tidak terpenuhinya target produksi, produktivitas tenaga kerja tidak sesuai dengan fungsinya. Sehingga hal ini menghambat kontinuitas proses produksinya, yang dalam jangka panjang berdampak pada keuntungan pihak perusahaan. Dan salah satu bentuk inovasi yang dilakukan adalah mengurangi waktu *delay* untuk meningkatkan produktivitas perusahaan.

Dari uraian yang dikemukakan pada latar belakang diatas, dapat ditarik beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah pendekatan *line blancing* dapat digunakan untuk menyeimbangkan waktu proses produksi es balok di PT. X ?
2. Bagaimana pemerataan beban kerja sebagai *alternative* solusi keseimbangan lintasan pada proses produksi es balok di PT. X ?

Sedangkan tujuan penelitiannya

1. Untuk menyeimbangkan waktu proses produksi es balok dengan pendekatan *Line Balancing*.
2. Untuk menyeimbangkan beban kerja pada proses produksi es balok.

2. Kajian Pustaka

2.1 Penelitian Terdahulu

a) Nunung Nurhasanah, Jann Pratama Simanjutak (2012)

Dalam melakukan penjadwalan, dibutuhkan suatu metode yang dapat digunakan sebagai prediksi kejadian atau hal-hal di masa depan berdasarkan masa kini, sebagai cara untuk membuat analisis dan perhitungan secara lebih spesifik terhadap pertimbangan pengambilan keputusan manajemen organisasi. Salah satu faktor yang cukup berpengaruh dalam produktivitas produksinya adalah lini produksi, dengan berapa banyak stasiun kerjanya. Efisiensi lini produksi antar beberapa stasiun kerja yang terkait sangat berpengaruh dalam menunjang kesinambungan produksi perusahaan. Semakin tinggi persentase efisiensi lininya, maka aliran bahan baku maupun barang setengah jadi antar stasiun kerjanya semakin baik. Dan hal keterlambatan (*delay time*), kekurangan jumlah pekerja, dan efektivitas pengerjaan bahan dapat lebih ditanggulangi.

b) Jono (2015)

Work sampling adalah suatu teknik untuk mengadakan sejumlah besar pengamatan terhadap aktivitas kerja dari pekerja. Pengamatan aktivitas kerja untuk selang waktu yang diambil secara acak terhadap satu atau lebih pekerja dan kemudian mencatatnya apakah pekerja dalam keadaan bekerja atau menganggur. Pengukuran beban kerja tenaga kerja dengan metode *work sampling* untuk menghitung waktu baku, produksi standar, beban kerja dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan. Metode *work sampling* memiliki akurasi yang lebih, karena data yang diambil secara langsung dilokasi pekerjaan, sehingga faktor-faktor perlakuan yang diukur dapat diketahui secara mendetail.

c) Hengky K. Salim, Kuswara Setiawan, Lusya P.S. Hartanti (2016)

Pada dasarnya, lintasan produksi yang tidak seimbang mengakibatkan *bottleneck*. *Bottleneck* adalah suatu kondisi dimana beberapa stasiun kerja melakukan proses penuh dan beberapa stasiun kerja lainnya dalam kondisi menganggur karena menunggu *input* dari stasiun kerja sebelumnya (Groover, 2008). Guna meminimalkan *bottleneck* dibutuhkan perancangan keseimbangan lintasan produksi. Tetapi, kelemahan perancangan keseimbangan lintasan produksi saat ini adalah efisiensi keseimbangan lintasan tidak optimal.

Metode umum yang digunakan untuk mengoptimalkan nilai efisiensi lintasan produksi adalah metode *Ranked Positional Weights* (RPW) (Ghutukade *et al.*, 2013; Wignjosoebroto, 2000). Metode ini menggunakan sistem alokasi terhadap sejumlah mesin yang dialokasikan dalam suatu stasiun kerja. Cara kerja dari metode ini adalah menghitung bobot dari setiap mesin dan operator yang terdapat di dalam sistem. Bobot tersebut diurutkan dari yang terbesar hingga yang terkecil.

Pada penelitian ini akan menggunakan simulasi sistem produksi nyata untuk mengidentifikasi *bottleneck* di dalam sistem. Simulasi dengan ARENA digunakan pada penelitian ini agar mampu merepresentasikan sistem nyata secara akurat. Hasil simulasi akan digunakan untuk mengoptimalkan nilai efisiensi keseimbangan lintasan produksi dengan menggunakan metode RPW. Sehingga, *bottleneck* di dalam sistem dapat diminimalkan dan produktivitas meningkat.

2.2 Proses Produksi

Proses diartikan sebagai suatu cara, metode dan teknik bagaimana sesungguhnya sumber-sumber (tenaga kerja, mesin, bahan dan dana) yang ada diubah untuk memperoleh suatu hasil. Produksi adalah kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan barang atau jasa (Assauri, 1995). Proses juga diartikan sebagai cara, metode ataupun teknik bagaimana produksi itu dilaksanakan. Produksi adalah kegiatan untuk menciptakan dan menambah kegunaan (*Utility*) suatu barang dan jasa. Menurut Ahyari (2002) proses produksi adalah suatu cara, metode ataupun

teknik menambah kegunaan suatu barang dan jasa dengan menggunakan faktor produksi yang ada.

Melihat kedua definisi di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa proses produksi merupakan kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu barang atau jasa dengan menggunakan faktor-faktor yang ada seperti tenaga kerja, mesin, bahan baku dan dana agar lebih bermanfaat bagi kebutuhan manusia.

2.3 Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu adalah teknik pengukuran kerja untuk mencatat jangka waktu dan perbandingan kerja mengenai unsur pekerjaan tertentu yang dilaksanakan dalam keadaan tertentu pula, serta untuk menganalisa keterangan tersebut sehingga diperoleh waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan tersebut pada tingkat prestasi tertentu (Barnes, 1980).

Secara garis besar, teknik pengukuran waktu kerja dapat dibagi kedalam dua bagian (Sutalaksana et al., 1979), yaitu :

1. Pengukuran waktu secara langsung.

Pengukuran waktu dilakukan secara langsung di tempat pekerjaan yang diukur dijalankan. Yang termasuk pengukuran waktu secara langsung adalah cara pengukuran dengan menggunakan jam henti (*stopwath*) dan sampling kerja (*work sampling*). Studi waktu dengan jam henti dilakukan dengan cara mengamati dan menganalisa suatu kegiatan atau operasi dengan cara mencatat waktu yang diperlukan dari mulai sampai selesainya suatu operasi.

2. Pengukuran waktu secara tidak langsung.

Pengukuran waktu dilakukan tanpa harus berada di tempat pekerjaan yang sedang diamati. Untuk menentukan waktu standar dari suatu operasi, kita harus membagi operasi menjadi elemen-elemen kegiatan misalnya mengambil material, memotong, membersihkan dan lain sebagainya. Pengukuran waktu dilakukan dengan melihat atau membaca tabel-tabel yang tersedia dari elemen-elemen gerakan.

2.4 Line Balancing

Manajemen industri dalam menyelesaikan masalah *linebalancing* harus mengetahui tentang metode kerja, peralatan-peralatan, mesin-mesin, dan personil yang digunakan dalam proses kerja. Data yang diperlukan adalah informasi tentang waktu yang dibutuhkan untuk setiap *assembly line* dan *precedence relationship*. Aktivitas-aktivitas yang merupakan susunan dan urutan dari berbagai tugas yang perlu dilakukan, manajemen industri perlu menetapkan tingkat produksi per hari yang disesuaikan dengan tingkat permintaan total, kemudian membaginya ke dalam waktu produktif yang tersedia per hari. Hasil ini adalah *cycle time* yang merupakan waktu dari produk yang tersedia pada setiap stasiun kerja (*work station*) (Baroto, 2002).

a. Tujuan Line Balancing

Banyaknya pendapat yang dilontarkan mengenai tujuan keseimbangan lini diantaranya adalah menurut (James L. Rigg, 1983) yang mengatakan untuk meminimumkan waktu menganggur dari operasi yang ditetapkan adalah dengan bekerja menurut prosedur yang berurutan. Pendapat yang hampir sama pula dilontarkan oleh (James M. Moore, 1959) yang mengatakan bahwa tujuan dari keseimbangan lini adalah untuk meminimumkan waktu menganggur pada suatu lini dari seluruh stasiun kerja dengan cara tertentu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tujuan dari keseimbangan lini adalah untuk menghindarkan adanya waktu menganggur dari satu tingkat proses ke tingkat proses lainnya, dengan cara mengefektifkan sejumlah mesin yang ada serta menghindari bertumpuknya bahan dalam proses-proses tertentu, yang pada akhirnya akan memperlancar jalannya proses produksi secara keseluruhan.

b. Metode Umum Line Balancing

Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menyeimbangkan lintasan produksi, diantaranya yaitu :

- 1) Metode Analitik (Matematik), Merupakan metode yang dapat menghasilkan suatu solusi optimal. Contoh : *Branch and Bound*.
- 2) Metode Heuristik. Metode *Heuristik* bersal dari kata Yunani yang berarti menemukan. Model heuristik ini pertama kali dilakukan oleh Simon dan Newil untuk menggambarkan pendekatan tertentu untuk memecahkan masalah dan membuat keputusan. Model *Heuristik* menggunakan aturan-aturan yang logis dalam memecahkan masalah.

c. Langkah-langkah Pemecahan Line Balancing

Menurut Gaspersz (2004), terdapat sejumlah langkah pemecahan masalah *line balancing*. Berikut ini merupakan langkah-langkah pemecahan masalah adalah sebagai berikut :

- 1) Mengidentifikasi tugas-tugas individual atau aktivitas yang akan dilakukan.
- 2) Menentukan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap tugas itu.
- 3) Menetapkan *precedence constraints*, jika ada yang berkaitan dengan setiap tugas itu.
- 4) Menentukan *output* dari *assembly line* yang dibutuhkan.
- 5) Menentukan waktu total yang tersedia untuk memproduksi *output*.
- 6) Menghitung *cycle time* yang dibutuhkan, misalnya: waktu diantara penyelesaian produk yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *output* yang diinginkan dalam batas toleransi dari waktu (batas waktu yang diijinkan).
- 7) Memberikan tugas-tugas kepada pekerja atau mesin.
- 8) Menetapkan minimum banyaknya stasiun kerja (*work stasion*) yang dibutuhkan untuk memproduksi *output* yang diinginkan.
- 9) Menilai efektifitas dan efisiensi dari solusi.
- 10) Mencari terobosan-terobosan untuk memperbaiki proses terus- menerus (*continous process improvement*).

d. Istilah-istilah Line Balancing

Ada beberapa istilah yang lazim digunakan dalam *line balancing*. Berikut adalah istilah-istilah yang dimaksud (Baroto, 2002) :

- 1) *Precedence diagram*
- 2) *Assemble Product*
- 3) Keseimbangan Waktu Senggang (*Balance Delay*)
- 4) Efisiensi stasiun kerja merupakan rasio antara waktu operasi tiap stasiun kerja (W_i) dan waktu operasi stasiun kerja terbesar (W_s).
- 5) *Line efficiency* merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja dibagi dengan siklus dikalikan jumlah stasiun kerja atau jumlah efisiensi stasiun kerja dibagi jumlah stasiun kerja.
- 6) *Work Station* merupakan tempat pada lini perakitan dimana proses perakitan dilakukan.
- 7) *Smoothes index (SI)* adalah suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu.

2.5 Definisi Ranked Positional Weight (RPW)

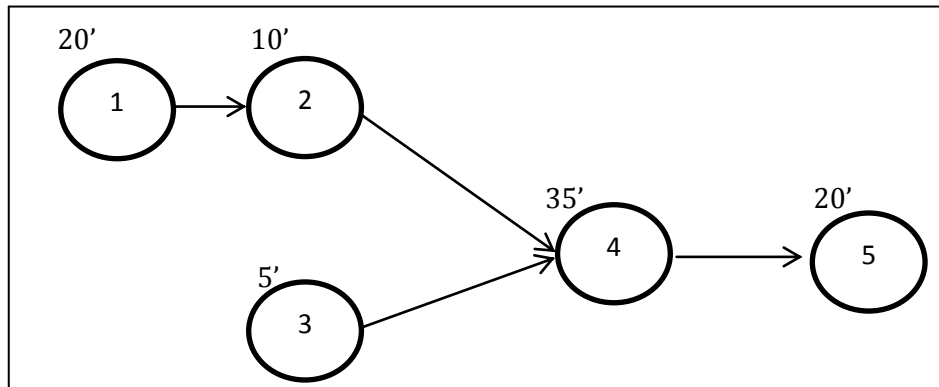
Metode *Renked Positional Weight (RPW)* merupakan metode gabungan antara metode *Large Candidate Ruler* dengan metode *region approach*. Nilai RPW merupakan perhitungan antara elemen kerja tersebut dengan posisi masing-masing elemen kerja dalam *precedence diagram*. Langkah-langkah dari metode RPW adalah sebagai berikut :

- a. Membuat *precedence diagram* sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.
- b. Menghitung waktu siklus.

- c. Membuat lintasan berdasarkan *precedencediagram*.
- d. Menentukan *positional Weight* (bobot posisi) untuk setiap elemen pekerjaannya dari suatu operasi dengan memperhatikan *precedence diagram*. Berikut cara menentukan bobot posisinya:

$$RPW = Waktu proses operasi + Waktu proses operasi berikutnya ... (2.1)$$

Contoh :



Gambar 2. Contoh Precedence Diagram

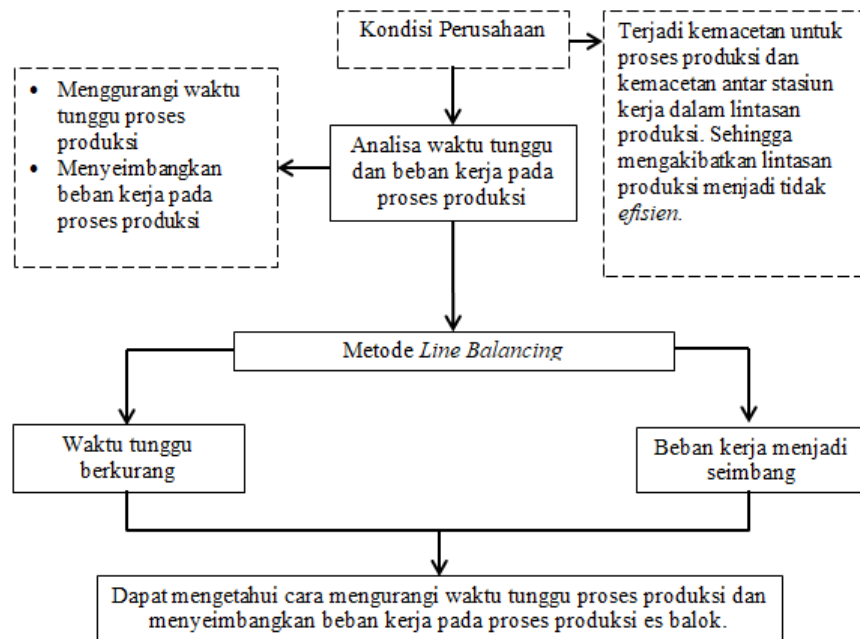
Penentuan bobot posisi :

- Bobot posisi operasi 1 = 20 + 10 + 35 + 20 = 85'
 - Bobot posisi operasi 2 = 10 + 35 + 20 = 65'
 - Bobot posisi operasi 3 = 5 + 35 + 20 = 60'
 - Dan seterusnya
- e. Urutkan elemen operasi berdasarkan bobot posisi yang telah didapatkan pada langkah kedua. Pengurutan dimulai dari elemen operasi yang memiliki bobot posisi terbesar.
 - f. Jika pada stasiun kerja terdapat waktu yang berlebihan (waktu stasiun kerja melebihi waktu maksimum yang telah ditetapkan), maka pindahkan elemen operasi terakhir ke stasiun berikutnya.
 - g. Ulangi langkah ke 3 dan ke 4 diatas sampai seluruh element operasi telah ditempatkan kedalam stasiun kerja.
 - h. Menghitung jumlah stasiun kerja minimum.
 - i. Membuat *flow diagram* untuk stasiun kerja minimum tersebut lalu lakukan pembebanan operasi pada stasiun kerja mulai dari bobot operasi terbesar sampai dengan terkecil, dengan kriteria total waktu operasi lebih kecil dari waktu siklus yang diinginkan.
 - j. Melakukan *trial and error* untuk mendapatkan efisiensi lintasan yang paling tinggi.
 - k. Menghitung *balance delay* lintasan.

2.6 Perhitungan *Ranked Positional Weight (RPW)*

- a. Waktu Siklus :Merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi suatu produk mulai dari bahan baku awal diproses di tempat kerja.
- b. Waktu Normal :Waktu normal merupakan waktu yang dibutuhkan oleh operator dalam kondisi wajar atau kemampuan rata-rata untuk memproduksi secara normal.
- c. Waktu Baku :Waktu baku merupakan waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk melakukan pekerjaan sesuai standar.

2.7 Kerangka Pemikiran



Gambar 3. Kerangka Konsep

3. Metode Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah diskriptif kuantitatif, Penelitian ini merupakan penelitian yang bertujuan menjelaskan fenomena yang ada dengan menggunakan angka-angka untuk mencandarkan karakteristik individu atau kelompok. Penelitian ini menilai sifat dari kondisi-kondisi yang tampak. Tujuan dalam penelitian ini dibatasi untuk menggambarkan karakteristik sesuatu sebagaimana adanya. Penelitian kuantitatif didasari oleh filsafat positivisme yang menekankan fenomena-fenomena objektif dan dikaji secara kuantitatif. Maksimalisasi objektivitas desain penelitian ini diakukan dengan menggunakan angka-angka, pengolahan statistik, struktur dan percobaan terkontrol.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan langkah peneliti dalam mendapatkan data penelitian. Teknik yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah :

1. Teknik *Observasi* / Pengamatan

Yus Agusyana (2011:34) mengutarakan bahwa observasi diartikan sebagai teknik pengumpulan data dengan cara menggunakan beberapa indrayang ada pada diri peneliti.

2. Teknik *Interview* / Wawancara

Menurut Sutrisno Hadi (1989) Wawancara adalah proses pembekalan verbal, di mana dua orang atau lebih untuk menangani secara fisik, orang dapat melihat muka yang orang lain dan mendengarkan suara telinganya sendiri, ternyata informasi langsung alat pengumpulan pada beberapa jenis data sosial, baik yang tersembunyi (*laten*) atau *manifest*.

3. Teknik Dokumentasi

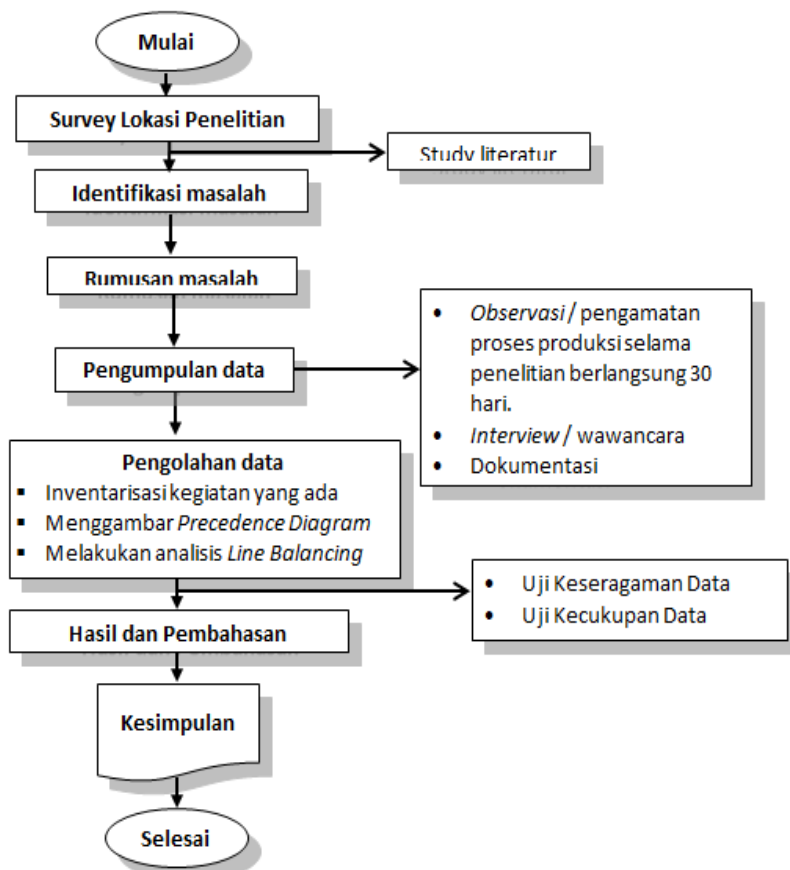
Merupakan pengambilan gambar, catatan harian, sejarah (*histori*), ceritera, biografi, peraturan, kebijakan. Dokumen yang berbentuk karya misalnya karya seni, yang dapat berupa gambar, patung, film dan lain-lain.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Dalam menentukan suatu pengolahan data, diperlukan suatu tahapan-tahapan dalam penghitungannya, baik dalam penghitungan dengan metode *Ranked Positional Weight* (RPW). Tahapan-tahapan tersebut adalah :

- a. *Time Study* langsung dengan metode RPW
 1. Menentukan waktu siklus
 2. Menentukan waktu normal
 3. Menentukan waktu baku
 4. Menentukan waktu menganggur dan waktu efektif
 5. Menentukan output standar
- b. *Time Study* secara tidak langsung dengan metode RPW
 1. Menetapkan periode pengukuran dan kriteria *line balancing*.
 2. Menentukan tingkat pencapaian *performance*.
 3. Membentuk kerangka model RPW dan menentukan indikator pencapaiannya.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengumpulan Data

Pada langkah ini penulis akan melakukan pengumpulan data umum data penelitian :

1.) Data Umum

Data umum adalah data yang tidak berhubungan langsung dengan pengolahan data. Adapun data-data umum yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sejarah perusahaan, struktur organisasi, visi dan misi perusahaan.

2.) Data Penelitian

Data penelitian merupakan data yang akan digunakan dalam pengolahan data nantinya, yaitu data proses produksi, data lintasan produksi dan waktu delay yang terjadi.

4.2 Pengolahan Data

Dalam pencapaian penerapan perusahaan sesuai standar yang diharapkan, diperlukan ukuran pelaksanaan kegiatan proses berdasarkan data yang sudah diolah melalui penerapan *line balancing* yang sesuai, terlebih dahulu secara ilmiah dilakukan beberapa pengujian, sehingga bisa dijadikan suatu ukuran penerapan *line balancing* yang baik.

Uji Keseragaman Data

Untuk memastikan bahwa data yang terkumpul berasal dari sistem yang sama, maka dilakukan pengujian terhadap keseragaman data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum xi}{N} = \frac{77.250}{30} = 2.575 \text{ menit} \\ \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{(2.553 - 2.575)^2 + (2.562 - 2.575)^2 + \dots + (2.576 - 2.575)^2}{30 - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{3.756}{29}} = \sqrt{129,52} = 11,38 \text{ menit}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}BKA &= \bar{x} + (k \times \sigma) = 2.575 + (2 \times 11,38) \\ &= 2.575 + 22,76 = 2.597,76 \text{ menit} \\ BKB &= \bar{x} - (k \times \sigma) = 2.575 - (2 \times 11,38) \\ &= 2.575 - 22,76 = 2.552,24 \text{ menit}\end{aligned}$$

Uji Kecukupan Data

Untuk mengetahui kecukupan data pada proses produksi tersebut. Maka diperoleh kecukupan data sebagai berikut :

- Tingkat keyakinan = 95 %
- Tingkat Ketelitian = 5%
- S (Derajat Ketelitian) = 0.05
- K (Derajat Kebebasan) = 2
- n (Jumlah Observasi aktual yang dilakukan) = 11
- N' (Jumlah Observasi yang diperlukan)

$$\begin{aligned}N' &= \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{n(\sum \tilde{x}^2) - (\sum \tilde{x})^2}}{\sum xi} \right]^2 \\ &= \left[\frac{\frac{2}{0.05} \sqrt{11 \times (2.575^2) - (2.575)^2}}{77.250} \right]^2 \\ &= \left[\frac{\frac{2}{0.05} \sqrt{11 \times 6.630.625 - 6.630.625}}{77.250} \right]^2 \\ &= \left[\frac{40 \sqrt{72.936.875 - 6.630.625}}{77.250} \right]^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \left[\frac{40\sqrt{66.306.250}}{77.250} \right]^2 \\
 &= \left[\frac{40 \times 8.142,86}{77.250} \right]^2 \\
 &= \left[\frac{325.714,60}{77.250} \right]^2 \\
 &= 4,22^2 = 17,80
 \end{aligned}$$

Jika $N' < N$ maka jumlah observasi aktual yang dilakukan dianggap cukup dan dilanjutkan dengan perhitungan waktu baku. Akan tetapi jika $N' > N$, maka dengan tingkat keyakinan dan ketelitian yang demikian perlu dilakukan pengamatan lagi sebanyak N' dikurangi N .

4.3 Pengolahan Data *Line Balancing*

Berikut ini pengukuran tingkat produktivitas proses produksi es balok pada unit pabrik es kasri PT.X Pandaan dengan menggunakan metode *Line Balancing* :

1. Inventarisasi kegiatan yang ada

Mencatat semua jenis kegiatan yang ada dalam proses produksi dengan cara membuat tabel yang berisikan jenis kegiatan-kegiatan yang mendahului dan berurutan serta waktu penyelesaian kegiatan.

Tabel 1. Proses Pembuatan Es Balok

Node	Proses Operasi	Waktu (mnt)	Node Pendahulu
1	Pengaliran air dari sumber air sungai ke turbin air	45	-
2	Penjernihan Air	180	1
3	Pemindahan air kedalam es chan	40	2
4	Pemasukan es chan kedalam kuip	90	3
5	Sirkulasi air garam	360	4
6	Pembekuan es	1200	5
7	Pemindahan es chan ke bak penampungan	90	6
8	Pelepasan es balok & proses sortir	270	7
9	Sterilisasi es chan yang kosong	120	8
10	Pemindahan es chan yang kosong	90	9
11	Pemasukan es chan kedalam kuip	90	10
Jumlah		2575	

Sumber : Data Pengamatan

2. Menggambar *Precedence Diagram*

Setelah melakukan inventarisasi kerja, maka langkah selanjutnya membuat *precedence diagram* dari operasi-operasi yang telah dilakukan. Penelitian yang dilakukan pada pabrik es ini selama 30 hari = 720 jam = 43.200 menit, dengan jumlah jam kerja 24 jam per hari dan rata-rata waktu operasi 2.575 menit serta pada setiap satu kali proses menghasilkan 24 balok.

Maka perkiraan jumlah produksi / bulan :

$$= \frac{43.200 \text{ menit}}{2.575 \text{ menit/unit}} \times 24 \text{ balok} = 402,64 \text{ unit} = 403 \text{ unit}$$

3. Melakukan Analisis

Pada langkah selanjutnya menentukan besarnya tingkat keseimbangan dilakukan dengan langkah Menentukan waktu siklus :

$$WS = \frac{\sum \text{Waktu yang tersedia}}{\text{unit yang akan diproduksi}}$$

$$= \frac{(30 \text{ hari kerja} \times 24 \text{ jam kerja} \times 60 \text{ menit})}{403 \text{ unit}}$$

$$= 107,19 = 107 \text{ Menit/balok}$$

Tetapi karena waktu operasi yang terbesar ialah 1.200 menit, maka waktu siklus aktualnya tidak mungkin ditetapkan sama dengan 107 menit. Untuk itu, waktu operasi terbesar 1.200 menit akan digunakan sebagai waktu siklus aktual.

Langkah awal dalam penyelesaian dengan menggunakan metode bobot posisi, yaitu dengan menggunakan matriks keterdahuluhan berdasarkan jaringan kerja serta besar waktu operasinya dan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Matrik Jaringan Kerja

Operasi Pendahulu	Waktu Operasi	Operasi Pengikut										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	45	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	180	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	40	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1
4	90	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1
5	360	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1
6	1200	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1
7	90	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1
8	270	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1
9	120	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1
10	90	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-	1
11	90	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-

Sumber : Data Hasil Pengolahan

Tahapan selanjutnya adalah mengurutkan bobot operasi. Perhitungan dan pengurutan bobot posisi dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 3. Perhitungan Bobot Posisi

Operasi Pendahulu	Waktu Operasi	Operasi Pengikut											Bobot
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	45		180	40	90	360	1200	90	270	120	90	90	2575
2	180	0		40	90	360	1200	90	270	120	90	90	2530
3	40	0	0		90	360	1200	90	270	120	90	90	2350
4	90	0	0	0		360	1200	90	270	120	90	90	2310
5	360	0	0	0	0		1200	90	270	120	90	90	2220
6	1200	0	0	0	0	0		90	270	120	90	90	1860
7	90	0	0	0	0	0	0		270	120	90	90	660
8	270	0	0	0	0	0	0	0		120	90	90	570
9	120	0	0	0	0	0	0	0	0		90	90	300
10	90	0	0	40	0	0	0	0	0	0		90	220
11	90	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0		180

Sumber : Data Hasil Pengolahan

Tabel 4. Pengurutan Bobot Posisi

Urutan Prioritas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Operasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Waktu Operasi	45	180	40	90	360	1200	90	270	120	90	90
Bobot Posisi	2575	2530	2350	2310	2220	1860	660	570	300	220	180

Sumber : Data Hasil Pengolahan

$$\text{Jumlah Stasiun Kerja} = \frac{\sum \text{Waktu yang tersedia}}{\text{Waktu siklus}} = \frac{2575}{1200} = 2,14 \approx 3 \text{ Stasiun Kerja}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dengan metode bobot posisi ini ada 3 stasiun kerja, dimana waktu terpanjang kecepatan lintasan aktualnya 1.200 menit sebagai waktu siklus, Sehingga tabulasi hasil penyusunan Stasiun kerja dapat dilihat pada tabel 4.7

$$\text{Line Efficiency} = \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(K)(CT)} \times 100$$

Tabel 5. Tabulasi Proses Operasi

Proses Operasi	Waktu Operasi	Waktu Siklus	Idle	Efisiensi
1	45	1200	1155	4%
2	180	1200	1020	15%
3	40	1200	1160	3%
4	90	1200	1110	8%
5	360	1200	840	30%
6	1200	1200	0	100%
7	90	1200	1110	8%
8	270	1200	930	23%
9	120	1200	1080	10%
10	90	1200	1110	8%
11	90	1200	1110	8%
Jumlah	2575		10625	214,58%
Rata-rata				20%

Sumber : Data Hasil Pengolahan

Tabel 6. Peta Aliran Proses Kondisi Awal

NO	KEGIATAN	Transportasi	Operasi	Inspeksi	Delay	Penyimpanan	Waktu (menit)
		⇒	○	□	D	▽	
1	Pengaliran air dari sumber air sungai ke turbin air	●					45 menit
2	Penjernihan Air				●		180 menit
3	Pemindahan air kedalam es chan	●					40 menit
4	Pemasukan es chan kedalam kuip		●				90 menit
5	Sirkulasi air garam		●				360 menit
6	Pembekuan es				●		1200 menit
7	Pemindahan es chan ke bak penampungan					●	90 menit
8	Pelepasan es balok & proses sortir				●		270 menit
9	Sterilisasi es chan yang kosong			●			120 menit
10	Pemindahan es chan yang kosong	●					90 menit
11	Pemasukan es chan kedalam kuip		●				90 menit

Sumber : Data Penelitian

Total waktu yang diperlukan untuk proses produksi mulai dari penjernihan air sampai pemindahan es chan ke bak penampungan yang sudah terisi air jernih adalah 2575 menit Dan waktu delay sebesar 1.650 menit.

Balance Delay merupakan jumlah waktu menganggur suatu lini proses produksi arena pembagian kerja antar stasiun yang tidak merata. Berikut ini merupakan *balance delay* dari metode *Ranked Position Weight (RPW)*.

$$\begin{aligned} \text{Balance Delay} &= 100 \% - \text{Efisiensi Lini} \\ &= 100 \% - 20 \% \\ &= 80 \% \end{aligned}$$

Smoothness index merupakan suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari suatu keseimbangan lini.

$$Smoothing Indeks = \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST max - ST_i)^2}$$

$$S = \sqrt{(1.155)^2 + (1.020)^2 + \dots + (1.110)^2 + (1.110)^2}$$

$$= \sqrt{1.243.225 + 1.040.400 + \dots + 1.232.100 + 1.232.100}$$

$$= \sqrt{11.385.325} = 3.374,21 = 3.374 \text{ menit}$$

Tabel 7. Tabulasi hasil penyusunan stasiun kerja

SK	Gabungan Operasi	Waktu Operasi	Waktu Siklus	Idle	Efisiensi
I	1,2,3,4,5	715	1200	485	60%
II	6	1200	1200	0	100%
III	7,8,9,10,11	660	1200	540	55%
Jumlah		2575		1.025	215%
Rata-rata					72%

Sumber : Hasil Pengolahan

Tabel 8. Peta aliran proses setelah perbaikan

SK	Gabungan Operasi	Transportasi	Operasi	Inspeksi	Delay	Penyimpanan	Waktu (menit)
		⇒	○	□	D	▽	
1	1,2,3,4,5		●				715 menit
2	6				●		1200 menit
3	7,8,9,10,11		●				660 menit

Sumber : Data Hasil Pengolahan

Total waktu yang diperlukan untuk proses produksi mulai dari penjernihan air sampai pemindahan *es chan* ke bak penampungan yang sudah terisi air jernih setelah perbaikan adalah 2.575 menit dan waktu tunggu sebesar 1.200 menit.

Berikut ini merupakan *balance delay* dari metode *ranked position weight (RPW)* setelah perbaikan.

$$Balance Delay = 100 \% - Efisiensi Lini$$

$$= 100 \% - 72 \% = 28 \%$$

$$Smoothing Indeks = \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST max - ST_i)^2}$$

$$SI = \sqrt{(1.200 - 715)^2 + (1.200 - 1200)^2 + (1.200 - 660)^2}$$

$$= \sqrt{(485)^2 + (0)^2 + (540)^2}$$

$$= \sqrt{235.225 + 0 + 291.600}$$

$$= \sqrt{526.825}$$

$$= 725,83 = 726 \text{ menit}$$

4.4 Analisis Hasil Perbandingan Kondisi Awal Dengan Kondisi Usulan Perbaikan

Tabel 9. Perbandingan perhitungan line balancing

Kondisi	Stasiun Kerja	Efisiensi	Idle Time	Balance Delay	Smoothing Index
Sebelum Perbaikan	Belum Terbentuk	20 %	10.625 menit	80 %	3.374 Menit
Sesudah Perbaikan	3	72 %	1.025 menit	28 %	726 Menit

Sumber : Data Hasil Pengolahan

Perbandingan ini akan menentukan banyaknya barang yang diproduksi sehingga dalam melakukan produksi es balok dapat diketahui. Syarat yang diketahui yaitu lintasan, hari kerja dan waktu kerja dapat diketahui terlebih dahulu. Metode Bobot Posisi (*Ranked Positional Weight*) mendapatkan kecepatan operasi terlambat adalah operasi ke-6 sebesar 1200 menit sehingga dijadikan waktu siklus pada perhitungan metode ini.

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan pendekatan metode *Line Balancing* waktu tunggu proses produksi es balok bisa berkurang. Hasil yang didapat *balance delay* pada kondisi perusahaan sebelumnya yaitu 80% dan setelah adanya perbaikan telah berkurang hingga menjadi 28%.
2. *Alternative* solusi pada proses produksi es balok ini dapat dilakukan dengan cara membentuk stasiun kerja dari penggabungan beberapa proses operasi produksi sehingga bisa meminimalis waktu *delay* dan menyeimbangkan beban kerja pada proses produksi.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, ada saran yang diberikan, yaitu dalam menyusun stasiun kerja, perlu memperhatikan urutan arus proses operasi mulai dari awal sampai akhir. Untuk memungkinkan mendapatkan hasil urutan stasiun kerja yang teratur dan nilai efisiensi yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofyan. 1999. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi Empat. Jakarta : Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Baroto, Teguh. 2002. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Edisi Pertama. Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Jono. 2015. Pengukuran Beban Kerja Tenaga Kerja Dengan Metode Work Sampling. *Spektrum Industri*. Vol.13 No.2,2015. 115-228. ISSN : 1963-6590.
- Riggs, L. James, and Glenn H. Felix. 1983. *Productivity by Objectives* Prentice-Hall.
- Salim, Hengky K., Setiawan, Kuswara., Hartanti, Lusya P.S. 2016. Perancangan Keseimbangan Lintasan Produksi Menggunakan Pendekatan Simulasi dan Metode Ranked Positional Weights. *Jurnal Teknik Industri*. Vol.XI, No. 1, januari 2016. Pp. 53-60.
- Wignjosoebroto, Sritomo. 2000. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu: Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Edisi Pertama. Surabaya : Guna Widya.