

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini mengkaji waktu dan metode untuk mereduksi *waste* dalam proses produksi. Maka, mata kuliah yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Analisis dan Perancangan Sistem Kerja (TIND26402)

Mata kuliah Analisis dan Perancangan Sistem Kerja memiliki materi *work design*, *operation analysis*, dan *time study* (studi waktu). Ketiga materi tersebut relevan dengan penelitian yang akan dilakukan, dimana *operation analysis* diperlukan untuk membantu mengklasifikasikan elemen kerja yang termasuk dalam kategori *waste*, *time study* diperlukan untuk merekam waktu aktual, dan *work design* diperlukan untuk standardisasi metode kerja setelah usulan diberikan.

b. Pengendalian Kualitas (TIND36503)

Salah satu materi pada mata kuliah Pengendalian Kualitas memaparkan tentang implementasi *7 Basic Quality Tools for Process Improvement*. Dua *quality tools* yang akan membantuk penelitian ini adalah *fishbone diagram* dan *flow chart*. *Fishbone diagram* akan membantu menganalisis penyebab dari permasalahan terkait *Non-Value Added Activities*, sedangkan *flow chart* akan membantu merekam aktivitas atau proses aktual secara detail selama produksi berlangsung.

Informasi dari penelitian terdahulu diperlukan untuk menampilkan fungsi dan urgensi pengukuran waktu serta *improvement* metode kerja di suatu organisasi. Tinjauan pustaka juga diperlukan untuk mengidentifikasi alternatif metode dan solusi yang dapat dijadikan refrensi dalam penelitian. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lorenza & Rahman (2023), keterlambatan produksi disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah *man power* yang tidak mencukupi, supervisi yang tidak diterapkan dengan baik, koordinasi antar pekerja yang kurang, pekerja tidak teliti, dan keterlambatan dokumen ataupun part penyusun. Suparno et al. (2021) mengutarakan dalam penelitiannya bahwa terlambatnya produksi juga diakibatkan oleh *waste* sehingga proses belum efektif dan efisien terutama di dalam runtutan tahap fabrikasi.

Menurut Dinis-Carvalho et al. (2019), tahap identifikasi proses elemen kerja krusial untuk mengeliminasi ataupun mereduksi *waste*. Terdapat beberapa *tools* yang dapat dilakukan untuk membantu mengidentifikasi dan menganalisis suatu

proses kerja. *Tools* tersebut biasanya didedikasikan untuk mengidentifikasi aspek spesifik, seperti merepresentasikan *layout* produksi ataupun rute, gerakan pekerja, atau hanya aliran produksi suatu produk. Contoh dari *tools* yang biasa dipakai adalah *Flow Process Chart* (FPC) yang mengidentifikasi *waste of transportation and inventories*, *Value Stream Mapping* (VSM) yang mengidentifikasi *waste of transportation, inventories, and overproduction*, serta *Waste Identification Diagram* (WID) yang mengidentifikasi *waste of transportation, inventories, motion, waiting, defects, and overproduction*.

Wahyulistiani et al. (2022) menuturkan dalam penelitiannya bahwa utilisasi *man power* berbanding lurus dengan laju produksi sebuah perusahaan. Menurut Wicaksono & Min Fadhlillah (2021), perencanaan sumber daya manusia adalah salah satu tahap krusial dalam proses analitikal untuk menggapai *goals* sebuah organisasi. Dalam perencanaan ataupun pengolahan sumber daya manusia, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, salah satunya adalah utilisasi pekerja. Utilisasi pekerja yang tidak optimal akibat banyaknya *waste* dalam operasi berpengaruh besar terhadap ketepatan laju produksi dengan jadwal produksi dan juga biaya yang akan ditanggung oleh perusahaan (Wijayadi et al., 2022).

Menurut hasil penelitian Larasati et al. (2022), *improvement* metode kerja dengan *tools time study* dan *motion study* dapat berdampak ke peningkatan efisiensi dan efektivitas secara signifikan kepada keseluruhan proses produksi. Penelitian tersebut menunjukkan peran krusial peninjauan waktu baku dalam mengoptimasi *output* produksi dan kontribusinya sebagai *pivot point* dalam restrukturisasi operasi dan peningkatan efisiensi keseluruhan produksi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Shahriar et al. (2022), *Flow Process Chart* (FPC) digunakan untuk merekam dan mengukur metode kerja. Penelitian tersebut mengimplementasikan 5S untuk mempersingkat waktu total produksi, mereduksi *waste of transport* dan *waiting*, dan melakukan *improvement* pada metode kerja dengan menggunakan FPC sebagai *tools* untuk mengukur performa dan peningkatannya.

Penelitian Murugesan et al. (2016) memaparkan sebab, akibat, dan solusi dari *waste* pada proses otomotif. Menurut analisis dari objek kajiannya, *waste* yang muncul adalah *waste of motion, transport, inventory*, dan *defect*. Berikut ini adalah kajian yang dihasilkan.

a. *Waste of waiting*

Disebabkan oleh *layout* dan lokasi produksi serta kesalahan dalam prosedur kerja. Akibatnya adalah aliran proses terhambat sehingga pekerja atau mesin harus menunggu sebelum melanjutkan aktivitas berikutnya.

b. *Waste of transport*

Disebabkan oleh *layout* produksi. Akibatnya adalah integritas material. Solusi untuk kedepannya adalah penerapan *pull system* dengan *kanban*.

c. *Waste of inventory*

Disebabkan oleh *lead time*. Akibatnya adalah kebutuhan tempat untuk penyimpanan meningkat. Solusi untuk kedepannya adalah penerapan *Just-in-Time* (JIT).

d. *Defect*

Disebabkan oleh kesalahan pemrosesan. Akibatnya adalah meningkatnya waktu total produksi. Solusi untuk kedepannya adalah penerapan inspeksi berbasis IoT.

Penelitian Sugiarto & Sutapa (2017) meninjau adanya *gap* antara efisiensi produksi aktual dengan yang diharapkan di suatu industri otomotif. *Gap* tersebut kemudian berhasil diperbaiki lalu distandaridisasi dan didokumentasi menggunakan Tabel Standar Kombinasi Kerja (TSKK). Dhasmana (2018) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mereduksi *manpower workload* dan meningkatkan akurasi dalam proses produksi. Standardisasi metode kerja dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian tersebut dan didokumentasi menggunakan *Standard Operator Procedure* (SOP).

Tabel 2.1. Ringkasan Tinjauan Pustaka

Peneliti	Objek Penelitian	Permasalahan	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Lorenza & Rahman (2023)	Perusahaan Kontraktor	Keterlambatan proses produksi <i>cradle</i> yang signifikan	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	Metode FTA berhasil menjabarkan akar masalah yang dijadikan sebagai acuan untuk usulan perbaikan produksi
Dinis-Carvalho et al. (2019)	Unit produksi suatu industri manufaktur	Komparasi kapasitas informasi antara <i>Waste Identification Diagram</i> dan <i>Value Stream Mapping</i>	<i>Value Stream Mapping Analysis Tools</i> (VALSAT), <i>Waste Identification Diagram</i> (WID)	WID berhasil memberikan interpretasi dan analisis <i>waste</i> yang lebih efektif dibandingkan VALSAT
Suparno et al. (2021)	<i>Company YS</i>	Keterlambatan proses pengiriman gas natural hingga 46% dari <i>due date lead time</i>	<i>Value Stream Mapping Analysis Tools</i> (VALSAT), <i>7 Quality Tools</i>	Berhasil mengeliminasi <i>waste</i> menggunakan VALSAT dibantu dengan <i>7 Quality Tools</i>

Tabel 2.1. Lanjutan

Peneliti	Objek Penelitian	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
Wahyulistiani et al. (2022)	Manufaktur Sabun	Performansi produksi perusahaan belum optimal akibat beban kerja berlebih dan tidak merata	<i>Full Time Equivalent</i> (FTE)	Temuan pekerja yang mengalami <i>underload</i> dan <i>overload</i> memberikan solusi untuk mengalokasikan 7 orang ke produksi sabun batang dan mengurangi 3 orang pada produksi sabun cair
Wicaksono & Min Fadhlillah (2021)	Perusahaan Distribusi	Responsibilitas divisi logistik yang besar memunculkan kekhawatiran tentang beban dan jumlah optimal pekerja	<i>Full Time Equivalent</i> (FTE)	Temuan 2 pekerja <i>overload</i> dan 1 <i>inload</i> membuat dasar usulan untuk menambah jumlah pekerja sebanyak 4

Tabel 2.1. Lanjutan

Peneliti	Objek Penelitian	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
Wijayadi et al. (2022)	PT. Perkakas Rekadaya Nusantara	Frekuensi <i>idling</i> terobservasi operator tinggi	Studi waktu, <i>Full Time Equivalent</i> (FTE)	Observasi menggunakan studi waktu memperlihatkan pekerja yang <i>idling</i> yang kemudian dievaluasi menggunakan FTE untuk mengurangi jumlah pekerja sehingga mengeliminasi <i>idling</i>
Larasati et al. (2022)	Produksi jenang ketan	Metode kerja belum optimal	Studi waktu	Implementasi studi waktu dijadikan dasar untuk menyusun metode dan sistem kerja baru yang meningkatkan efisiensi waktu operasi

Tabel 2.1. Lanjutan

Peneliti	Objek Penelitian	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
Shahriar et al. (2022)	Manufaktur kantung plastik	<i>Waste of waiting</i> dan <i>motion</i> yang mempengaruhi <i>lead time</i>	5S, <i>Flow Process Chart</i> (FPC)	FPC digunakan untuk mengidentifikasi dan merekam <i>waste</i> yang kemudian berhasil direduksi dengan prinsip 5S
Murugesan et al. (2016)	Manufaktur otomotif komponen piston	<i>Production waste</i> yang mempengaruhi <i>lead time</i> dan <i>work-in-process inventory</i> pada manufaktur otomotif	Studi waktu, <i>Value Stream Mapping Analysis Tools</i> (VALSAT)	VALSAT dipakai untuk memodelkan <i>waste</i> yang telah teridentifikasi menggunakan studi waktu sehingga memungkinkan pemberian usulan untuk meminimasi <i>waste</i> tersebut

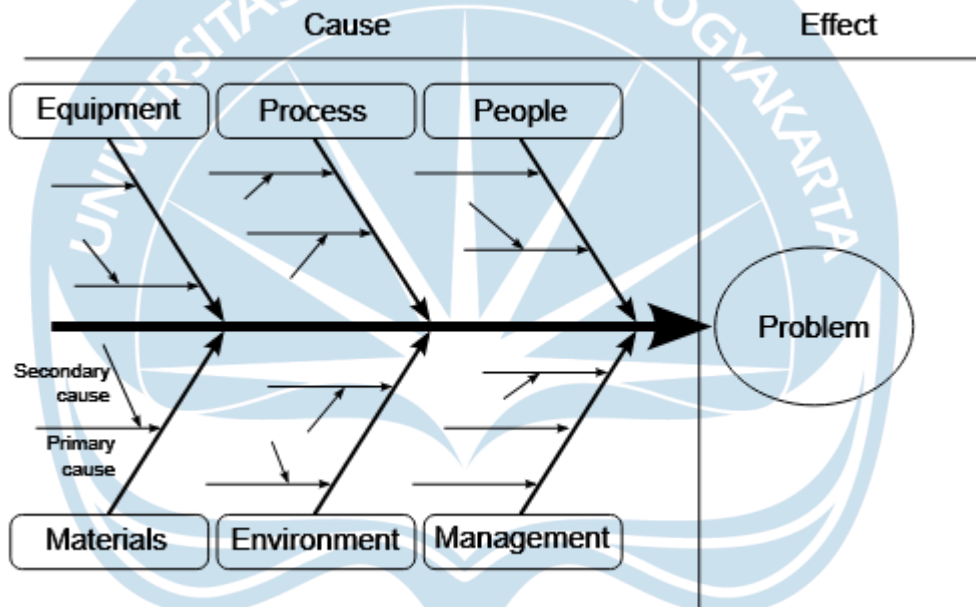
Tabel 2.1. Lanjutan

Peneliti	Objek Penelitian	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
Sugiarto & Sutapa (2017)	Manufaktur otomotif komponen rantai	Ketidaksesuaian efisiensi produksi harapan dengan efisiensi	DMAIC (<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control, Motion Study</i> , Tabel Standar Kombinasi Kerja (TSKK))	Prinsip DMAIC dipakai sebagai metode <i>improvement</i> yang dipadukan dengan <i>motion study</i> untuk menganalisis dan mengeliminasi <i>waste of motion</i> . Hasil <i>improvement</i> didokumentasi melalui TSKK, memperlihatkan efisiensi waktu kerja dari 592 menit menjadi 460 menit
Dhasmana (2018)	Manufaktur alat berat konstruksi	Peningkatan kuantitas dan kualitas produksi	<i>Standard Operating Procedure</i> (SOP)	Dokumentasi metode kerja menggunakan SOP membuktikan peningkatan akurasi langkah kerja dan mengurangi <i>workload</i>

2.2. Dasar Teori

2.2.1. *Fishbone Diagram* dan *Interrelationship Diagram*

Fishbone diagram atau diagram sebab-akibat merupakan bagian dari penerapan pendekatan *Total Quality Management* (TQM). *Fishbone diagram* berfungsi untuk menunjukkan penyebab-penyebab dari suatu permasalahan. *Fishbone diagram* digunakan sebagai salah satu *tool* untuk menyortir dan mengorganisir hubungan timbal balik untuk mempermudah pemahaman penyebab suatu masalah (Popov, 2022). Umumnya, kategori yang biasa dipakai untuk mengidentifikasi masalah adalah *method*, *machine*, *manpower*, *materials*, *measurement*, *environment*. Contoh *fishbone diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Contoh *Fishbone Diagram*

(<https://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/fishbone-diagram/>)

2.2.2. Konsep *Lean Manufacturing* dan *Seven Waste*

Lean manufacturing berawal dari Toyota Production System (TPS) dengan konsep mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste*. Teknik identifikasi *waste* berkembang dari konsep *Muda*, *Mura*, *Muri*. *Muda* merujuk kepada kegiatan yang tidak menambah *value* dimana terjadi aktivitas yang merupakan *waste*. *Mura* merujuk kepada variasi atau ketidakrataan. *Muri* merujuk kepada beban yang berlebih terhadap mesin, peralatan, dan sumber daya manusia (Vinodh, 2023). Kategori *waste* yang perlu diperhatikan ketika menganalisis suatu sistem adalah sebagai berikut (N. Kumar et al., 2022).

a. *Transport*

Perpindahan material diidentifikasi sebagai pemborosan waktu dan biaya. Contoh perpindahan yang dimaksud adalah pergerakan alat, bagian mesin, material dari suatu tempat ke tempat lainnya.

b. *Inventory*

Pemborosan dalam *inventory* merujuk kepada *raw material* dan juga *finished goods* yang tak tersentuh menunggu dipakai.

c. *Motion*

Pergerakan dari personil atau mesin yang tidak memberikan *value* terhadap produk. Dalam pertimbangan perancangan tempat kerja, pergerakan yang tidak penting seharusnya diminimasi.

d. *Waiting*

Hasil menunjukkan bahwa 99% dari waktu produk saat manufaktur dihabiskan untuk menunggu. Hal ini menyangkut menunggu pekerjaan, *plan*, *order*, mesin, email, dst. Waktu akan terbuang sia-sia ketika satu proses masih menunggu untuk dimulai sedangkan proses lainnya sudah selesai sehingga menyebabkan proses tidak efektif dan mengganggu kesinambungan alur operasi.

e. *Overproduction*

Produksi berlebih adalah ketika suatu produk dalam industri diproduksi melebihi *demand* yang ada. Produksi berlebih akan mengakibatkan pemborosan uang, waktu, dan penyimpanan yang menyebabkan produser rugi.

f. *Overprocessing*

Definisi *overprocessing* adalah ketika produsen melakukan apa yang tidak diminta *customer* terhadap produk. Secara singkat, yaitu produksi yang melebihi *requirement*. Hal ini akan menggenerasi pemborosan material, *manpower*, dan aset.

g. *Defects*

Lean manufacturing bergantung pada varietas prosedur untuk mengeliminasi kecacatan pada proses produksi. Kecacatan atau kualitas buruk akan mengakibatkan ketidakpuasan kustomer dan penurunan *market value* serta *reliability* sehingga terjadi penurunan penjualan dan harga produk. Kecacatan seharusnya tidak terjadi berulang kali.

Dalam proses produksi berdasarkan fundamental *lean manufacturing*, kegiatan dalam operasi fabrikasi dapat diklasifikasikan menjadi 3 aktivitas (Shou et al., 2020). Aktivitas tersebut dijabarkan sebagai berikut.

a. *Value Adding* (VA)

VA adalah semua aktivitas yang berkontribusi untuk membentuk, menyesuaikan, atau menyelaraskan fungsi produk akhir yang dibutuhkan kustomer dalam proses produksi.

b. *Necessary but Non-Value Adding* (NNVA)

NNVA adalah aktivitas yang tidak menambah *value* produk namun dibutuhkan untuk mendukung kelancaran dan kesinambungan proses VA produksi. Aktivitas tersebut akan berkontribusi untuk mendukung efektivitas dan efisiensi proses produksi.

c. *Non-Value Adding* (NVA)

Secara singkat, NVA adalah *waste*. NVA merupakan semua aktivitas yang tidak akan dibayar oleh kustomer.

2.2.3. Studi Waktu atau Pengukuran Kerja

Studi waktu adalah teknik menetapkan waktu yang sesuai dan dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu operasi. Studi waktu memiliki relasi dengan pengukuran waktu untuk mendapatkan metode terbaik saat melakukan suatu pekerjaan yang akhirnya meningkatkan *planning* dan *control* produksi. Studi waktu berkaitan dengan identifikasi, meminimasi, dan mengeliminasi waktu inefektif apapun penyebabnya (P. Kumar, 2015, p. 213). Beberapa *requirement* harus dipenuhi sebelum studi waktu dilakukan, yaitu apakah standar diperlukan pada proses baru atau proses lama dimana metodenya telah diubah dan operator harus mengerti dan paham teknik pengerjaan dalam proses sebelum studi dilakukan. Perlengkapan yang perlu diperhatikan saat ingin melakukan studi waktu adalah stopwatch, lembar observasi studi waktu, kalkulator, dan opsional sebuah kamera. (Freivalds & Niebel, 2014, pp. 416, 418).

Objektif dari studi waktu menurut P. Kumar (2015, p. 213) adalah sebagai berikut.

- a. Menganalisa aktivitas dalam suatu pekerjaan dengan tujuan mengurangi atau menghilangkan aktivitas NVA ataupun repetitif sehingga upaya manusia dapat diminimasi
- b. Mengkomparasi waktu sebagai penilaian performansi untuk metode-metode alternatif dalam melakukan aktivitas
- c. Melakukan standardisasi metode efisien dalam melakukan suatu aktivitas
- d. Melakukan standardisasi kondisi untuk performansi paling efisien
- e. Menentukan jumlah optimum manusia dan mesin

- f. Menentukan jumlah rasio manusia dan mesin untuk ulitasi yang efektif dan efisien antara kedua hal
- g. Memberikan informasi dan menjadi dasar untuk produksi, perencanaan, dan penjadwalan
- h. Mengimbangi aktivitas dan beban kerja dari setiap pekerja di suatu tim atau *line* produksi
- i. Menentukan waktu baku untuk aktivitas pekerjaan yang nantinya dapat dipakai sebagai dasar insentif pekerja

Studi waktu memiliki banyak teknik atau metode dalam pelaksanaannya. Perkembangan teknik atau metode ini didasari oleh kebutuhan analisis atau observasi dan situasi objek studinya. Berikut adalah metode-metode dalam studi waktu (P. Kumar, 2015, pp. 214–223).

a. *Stopwatch Time Study* atau Studi Waktu Jam Henti

Studi waktu jam henti adalah suatu metode pengukuran waktu konvensional melalui observasi langsung menggunakan *stopwatch* atau instrumen kronometrik lainnya untuk merekam waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan satu aktivitas.

b. *Predetermined Motion Time System*

Metode ini juga disebut sebagai *Maynard Operation Sequence Technique* (MOST). Untuk mengukur waktu, aktivitas atau operasi yang dilakukan oleh manusia dibagi menjadi beberapa elemen fundamental yang kemudian dicocokkan dengan *Time Measurement Unit* (TMU) sesuai tabulasi yang berisikan standar. TMU dari elemen fundamental kemudian dijumlahkan dengan *allowance* untuk mendapatkan waktu baku.

c. *Work Sampling*

Work Sampling (WS) adalah metode pengukuran waktu dengan pendekatan statistika. Metode ini berguna untuk mencari persentase pekerja *idling* dan bekerja. Persentase tersebut dapat digunakan untuk bahan evaluasi dan *improvement* dari performansi pekerja serta menentukan waktu baku untuk sebuah aktivitas.

Terdapat beberapa elemen yang harus memastikan keberhasilan studi waktu. Observasi atau analisis harus mempunyai rasa percaya diri, mempertimbangkan variabel studi dengan matang, dan mendekatkan diri dengan ramah kepada semua orang yang akan terlibat di studi waktu. Observasi juga harus mengerti sepenuhnya dan meninjau fungsi-fungsi yang berkaitan dengan studi seperti

memilih operator, menganalisis aktivitas dan memecahnya menjadi elemen-elemen fundamental, merekam nilai-nilai elemen fundamental, menentukan *performance rating* untuk operator tersebut, dan memilih *allowance* yang tepat (Freivalds & Niebel, 2014, p. 423).

2.2.4. Metode Studi Waktu Jam Henti

Pelaksanaan studi waktu jam henti (*stopwatch*) berhubungan dengan penentuan waktu yang diperlukan untuk melaksanakan suatu aktivitas atau elemen kerja dengan pengamatan langsung menggunakan bantuan jam henti. Pada studi waktu jam henti, langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut (Mital et al., 2016, pp. 45–58).

a. Memilih pekerjaan atau aktivitas yang akan diobservasi

Studi waktu disarankan dilakukan ketika suatu aktivitas memiliki salah satu diantara beberapa urgensi berikut.

- i. Belum adanya waktu baku pada aktivitas
- ii. Merupakan aktivitas baru
- iii. Uilitas dalam *work station* rendah
- iv. Aktivitas mengakibatkan *delay* pada *downstream activities*
- v. Waktu baku sudah lama ditetapkan dan perlu divalidasi ulang
- vi. Mengimplementasikan sistem insentif

Ketika pekerjaan atau aktivitas yang akan diobservasi sudah ditentukan, maka perlu dilakukan juga pemilihan operator yang terqualitifikasi. Operator yang terqualitifikasi adalah operator yang memiliki kinerja rata-rata (memiliki motivasi cukup dan pengalaman serta keterampilan memadai untuk melakukan pekerjaan dengan kualitas dan kuantitas yang dapat diterima). Operator yang di atas atau di bawah kinerja rata-rata sebaiknya dihindari karena *pacenya* dalam pekerjaan akan mempengaruhi validasi waktu siklus.

b. Merancang formulir untuk mencatat informasi.

Terdapat informasi pada pencatatan studi waktu yang sebaiknya disertakan di formulir observasi, yaitu.

- i. Informasi fasilitas, workstation, perlengkapan, dan alat
- ii. Informasi operator
- iii. Informasi observan
- iv. Informasi pekerjaan yang akan dilakukan studi waktu (proses, material, *drawing number*, *operation number*, dll)
- v. Informasi waktu studi waktu

vi. Daftar elemen kerja pada pekerjaan yang diobservasi

vii. Rating atau pace untuk setiap elemen

viii. Waktu yang telah tercatat sesuai dengan *stopwatch*

c. Menentukan metode untuk mencatat waktu elemen menggunakan *stopwatch*

Terdapat dua metode pengukuran waktu menggunakan *stopwatch*, yaitu sebagai berikut.

i. *continuous* atau *cummulative timing*

Metode *continuous timing* adalah metode yang membiarkan *stopwatch* menyala dari awal observasi hingga akhir observasi. Ketika elemen kerja berakhir, maka waktu akan dicatat namun *stopwatch* tetap dibiarkan berjalan.

ii. *snapback* atau *flyback timing*

Metode *snapback timing* adalah metode yang selalu menghentikan *stopwatch* ketika elemen kerja berakhir lalu memulai ulang *stopwatch* ketika elemen selanjutnya ingin diukur.

d. Memulai pengumpulan data

Observasi harus dimulai sepengetahuan operator dan juga semua pihak yang terlibat. Jangka waktu observasi menyesuaikan jumlah siklus yang akan diukur waktunya.

e. Mengolah data

Data yang telah didapatkan berupa waktu siklus akan diolah menjadi waktu normal hingga waktu baku. Pengolahan untuk waktu dapat dilakukan dengan mengikuti ekuasi sebagai berikut (Freivalds & Niebel, 2014, p. 435).

i. Waktu siklus

$$CT = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2.1)$$

Dimana,

X = data waktu

N = jumlah sampel

ii. Waktu normal

$$NT = CT \times \frac{R}{100} \quad (2.2)$$

Dimana,

CT = *cycle time*

R = *performance rating (%)*

iii. Waktu baku

$$ST = \frac{NT}{(1-\text{allowance})} \quad (2.3)$$

Dimana,

NT = *normal time*

2.2.5. Uji Keseragaman dan Kecukupan Data

Data yang telah direkam ketika melakukan studi waktu, harus dilakukan uji keseragaman untuk memvalidasi bahwa data yang dipakai merepresentasikan kondisi normal pekerja dan uji kecukupan data untuk memvalidasi cukupnya jumlah data secara objektif. Untuk melakukan uji keseragaman data, dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut (Muchtar et al., 2024).

a. Menghitung jumlah subgrup

$$k = 1 + 3,322 \log N \quad (2.4)$$

Dimana,

N = jumlah observasi

b. Menghitung nilai rata-rata subgrup

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{k} \quad (2.5)$$

Dimana,

$\sum X_i$ = jumlah rata-rata subgrup

c. Menghitung standar deviasi

$$\sigma = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (2.6)$$

Dimana,

X_i = data observasi ke-i

d. Menghitung Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB)

$$BKA = \bar{X} + K\sigma \quad (2.7)$$

$$BKB = \bar{X} - K\sigma \quad (2.8)$$

Dimana,

K = Koefisien indeks tingkat kepercayaan

Tingkat kepercayaan 0% sampai 68% bernilai K = 1

Tingkat kepercayaan 69% sampai 95% bernilai K = 2

Tingkat kepercayaan 95% sampai 100% bernilai K = 3

Jika $\sum X_i \geq BKA$ atau $\sum X_i \leq BKB$, maka terdapat data yang dianggap menyimpang sehingga harus dieliminasi.

Setelah data terindikasi seragam, dilakukan perhitungan untuk menguji kecukupan dengan persamaan berikut.

$$n' = \left[\frac{\frac{K}{S} \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \quad (2.9)$$

Dimana,

S = derajat ketelitian

Jika $n' \geq n$, maka data dianggap tidak cukup sehingga memerlukan penambahan data.

2.2.6. Performance Rating

Terdapat beberapa metode yang dapat dipakai untuk menentukan *performance rating* operator, yaitu *Speed Rating*, *The Westinghouse System*, *Synthetic Rating*, dan *Objective Rating*. Setiap metode menggunakan variabel berbeda untuk memberikan *rating* kepada performa operator. *Speed Rating* mengevaluasi berdasarkan laju pekerja. *The Westinghouse System* mengevaluasi berdasarkan beberapa dimensi sekaligus seperti *Skill*, *Effort*, *Condition*, dan *Consistency*. *Synthetic Rating* menggunakan komparasi antara waktu siklus yang didapat ketika observasi dengan *predetermined time system*. *Objective rating* menggunakan kombinasi antara laju pekerja dan juga tingkat kesulitan untuk melakukan elemen kerja tersebut. Tabel 2.3. hingga 2.6. menunjukkan acuan untuk menentukan *performance rating* menggunakan *The Westinghouse System* (Freivalds & Niebel, 2014, pp. 452–457) yang kemudian disumasi untuk mendapatkan *performance rating* untuk operator dan elemen kerja.

Tabel 2.2. Westinghouse Skill Rating

Kategori	Rating	Simbol
<i>Superskill</i>	+0,15	A1
<i>Superskill</i>	+0,13	A2
<i>Excellent</i>	+0,11	B1
<i>Excellent</i>	+0,08	B2
<i>Good</i>	+0,06	C1
<i>Good</i>	+0,03	C2
<i>Average</i>	0,00	D
<i>Fair</i>	-0,05	E1
<i>Fair</i>	-0,10	E2

<i>Poor</i>	-0,16	F1
<i>Poor</i>	-0,22	F2

Tabel 2.3. Westinghouse *Effort Rating*

Kategori	Rating	Simbol
<i>Excessive</i>	+0,13	A1
<i>Excessive</i>	+0,12	A2
<i>Excellent</i>	+0,10	B1
<i>Excellent</i>	+0,08	B2
<i>Good</i>	+0,05	C1
<i>Good</i>	+0,02	C2
<i>Average</i>	0,00	D
<i>Fair</i>	-0,04	E1
<i>Fair</i>	-0,8	E2
<i>Poor</i>	-0,12	F1
<i>Poor</i>	-0,17	F2

Tabel 2.4. Westinghouse *Condition Rating*

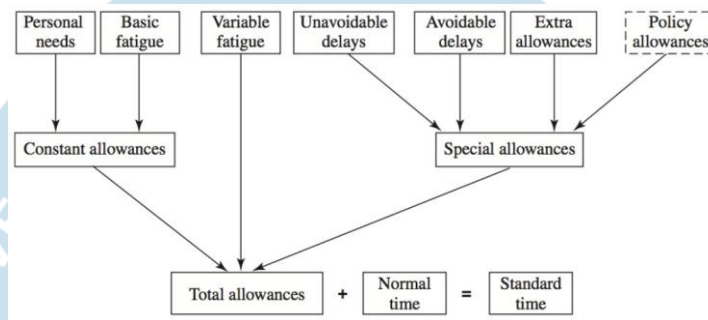
Kategori	Rating	Simbol
<i>Ideal</i>	+0,06	A
<i>Excellent</i>	+0,04	B
<i>Good</i>	+0,02	C
<i>Average</i>	0,00	D
<i>Fair</i>	-0,03	E
<i>Poor</i>	-0,07	F

Tabel 2.5. Westinghouse *Consistency Rating*

Kategori	Rating	Simbol
<i>Ideal</i>	+0,04	A
<i>Excellent</i>	+0,03	B
<i>Good</i>	+0,01	C
<i>Average</i>	0,00	D
<i>Fair</i>	-0,02	E
<i>Poor</i>	-0,04	F

2.2.7. Allowance

Studi waktu dilakukan dalam jangka waktu yang singkat, sehingga kemungkinan besar terdapat *lost time* atau *unavoidable delay* yang tidak tercatat ketika observasi. *Allowance* berfungsi untuk mengkompensasi *lost time* yang tidak tercatat tersebut. Tipe *allowance* menurut Freivalds & Niebel (2014) yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. International Labour Office (ILO) telah membuat tabulasi sebagai rekomendasi untuk menentukan nilai *constant allowance* dan *variable fatigue* yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2. Tipe Allowance

A. Constant allowances:		
1. Personal allowance		5
2. Basic fatigue allowance		4
B. Variable allowances:		
1. Standing allowance		2
2. Abnormal position allowance:		
a. Slightly awkward		0
b. Awkward (bending)		2
c. Very awkward (lying, stretching)		7
3. Use of force, or muscular energy (lifting, pulling, or pushing):		
Weight lifted, lb:		
5		0
10		1
15		2
20		3
25		4
30		5
35		7
40		9
45		11
50		13
60		17
70		22
4. Bad light:		
a. Slightly below recommended		0
b. Well below		2
c. Quite inadequate		5
5. Atmospheric conditions (heat and humidity)—variable		0-100
6. Close attention:		
a. Fairly fine work		0
b. Fine or exacting		2
c. Very fine or very exacting		5
7. Noise level:		
a. Continuous		0
b. Intermittent—loud		2
c. Intermittent—very loud		5
d. High-pitched—loud		5
8. Mental strain:		
a. Fairly complex process		1
b. Complex or wide span of attention		4
c. Very complex		8
9. Monotony:		
a. Low		0
b. Medium		1
c. High		4
10. Tediousness:		
a. Rather tedious		0
b. Tedious		2
c. Very tedious		5

Gambar 2.3. Rekomendasi Allowance oleh ILO

2.2.8. Method Analysis

Method analysis atau *study* adalah perekaman dan peninjauan dari tata cara melakukan suatu elemen kerja untuk melakukan *improvement*. Tujuan *method study* secara singkat adalah merekam dan memeriksa bagaimana suatu pekerjaan, lalu mencoba mencari cara yang lebih baik atau lebih simpel tentang penyelesaian pekerjaan tersebut. Prosedur dalam melakukan *method study* adalah sebagai berikut (Ramesh Babu, 2011, pp. 29–30).

- a. Memilih elemen kerja yang akan dianalisis
- b. Merekam semua detail pekerjaan
- c. Menganalisis semua detail pekerjaan tersebut dengan mempertanyakan mengapa, siapa, dimana, dan apa
- d. Mempertimbangkan alternatif untuk *improvement* dan mengembangkan yang paling cocok.
- e. Mengimplementasikan metode baru.
- f. Melakukan pemeliharaan metode baru dengan memeriksa apakah metode tersebut dilakukan dengan tepat.

Dalam merekam atau mencatat metode, terdapat teknik atau *tools* perekaman yang telah dikembangkan dengan tujuan standarisasi wujud perekaman dan juga ketepatan informasi yang terekam. *Tools* yang biasa dipakai berbentuk diagram dan *chart*. Berikut adalah contoh dari *tools method analysis* (Ramesh Babu, 2011, pp. 31–32).

- a. *Outline process chart*
- b. *Flow process chart – worker type*
- c. *Flow process chart – material type*
- d. *Flow process chart – equipment type*
- e. *Two-handed process chart*
- f. *Multiple activity charts*
- g. *SIMO chart*
- h. *Flow diagram*
- i. *String diagram*
- j. *Travel chart*

2.2.9. Flow Process Chart (FPC)

Flow Process Chart (FPC) adalah representasi grafik dari operasi, transportasi, inspeksi, delay, dan penyimpanan. FPC memberikan informasi perkara jauhnya pergerakan dan waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing objek studi. Setelah membuat FPC, proses dalam suatu elemen kerja dapat dianalisis satu per satu. Proses dapat dieliminasi, kombinasi, dan atur ulang untuk membuat elemen kerja menjadi efektif. Berdasarkan objek studinya, terdapat 3 tipe dari FPC, yaitu *product analysis*, *man analysis*, dan *equipment analysis* (Ramesh Babu, 2011, pp. 35–36). FPC dapat meningkatkan metode kerja dengan:

- a. Mengeliminasi atau simplifikasi proses elemen kerja
- b. Mengeliminasi atau simplifikasi kebutuhan inspeksi maupun merelokasi poin inspeksi
- c. Mereduksi jarak pergerakan dari *manpower* atau material
- d. Mereduksi delay atau waktu tunggu
- e. Mereduksi jumlah atau mengeliminasi *temporary storage* dalam proses elemen kerja.