BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan tahap mengkaji berbagai referensi dengan masalah yang sama untuk mendapatkan gambaran dalam mempertimbangkan solusi dan metode untuk penyelesaian masalah pemborosan waktu dan material produksi pada penggunaan plastik laminasi sekali pakai di area yang tidak termasuk *critical area front panel.* Peneliti melakukan pencarian literatur dengan kata kunci pemborosan waktu dan material pada proses produksi, *material handling*, *waste, non-value added,* dan metode rasional perancangan produk.

Penelitian yang dilakukan oleh Komirah (2022) membahas terkait pemborosan pada produksi wajan. Berdasarkan *fishbone* diagram yang dibuat, masalah tersebut disebabkan oleh tidak ada prosedur kerja, proses *material handling* terhambat, dan juga lini produksi yang padat. Komirah menerapkan *lean manufacturing* untuk mengidentifikasi pemborosan pada produksi wajan, dan dengan perhitungan WAM (*Waste Assesment Model)* dan PAM (*Process Activity Mapping)* teridentifikasi pemborosan terjadi pada *inventory* dengan nilai 19,6%. Hasil analisis *fishbone* terkait pemborosan *inventory* tersebut menciptakan usulan seperti penempatan operator pada *packing,* pengadaan operator *material handling,* pengadaan alat *mover* dan menghilangkan aktivitas *non-value added.*

Radhiana *et al.* (2025) melakukan penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur terkait sistem produksi *lean* pada industri pengolahan limbah plastik. Penerapan *lean* pertama dilakukan dengan mengidentifikasi pemborosan dalam proses produksi dan pemborosan yang teridentifikasi adalah produksi berlebih, waktu tunggu, proses berlebih, dan kecacatan produk yang tinggi. Strategi 5S (*Sort, Set in order, Shine, Standardize, Sustain)* digunakan untuk mengorganisir, meningingkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi biaya operasional secara signifikan. Selain itu, dengan pendekatan *lean*, peneliti mengidentifikasi ada pemborosan energi, bahan baku, dan waktu produksi. Hasil yang didapatan dari penerapan system produksi *lean* tersebut adalah pengurangan pemborosan energi, bahan baku, dan waktu produksi, peningkatan profitabilitas melalui efisiensi operasional, pengurangan biaya produksi.

Analisis pengendalian kualitas produk yang dilakukan oleh Chandra *et al.* (2025) menggunakan metode *seven tools* dalam mengurangi cacat produk *cover* 012 di PT Sinergi Pari Jaya Abadi. *Seven tools* merupakan metode yang digunakan untuk

mengidentifikasi jenis dan penyebab terjadinya cacat produk. Alat yang digunakan seperti *check sheet, histogram, pareto diagram, scatter diagram, control chart, fishbone diagram,* dan *flow chart.* Berdasarkan ketujuh alat tersebut, penyebab *defect* pada product *cover* 12 dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu *man* karna kelalaian saat melakukan taping pembuatan ulir dengan niali NGT (*National Group Technique)* 18 poin dan kurangnya literasi terkait ukuran dengan nilai NGT 27 poin. Faktor mesin karena spesifikasi mesin yang tidak sesuai objek dengan NGT 27 poin. Faktor material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan dengan nilai NGT 15 poin. Maka usulan yang peneliti berikan adalah melakukan kalibrasi secara berkala, meningkatkan komunikasi antar tim desain, produksi, dan QC terkait pemahaman ukuran produk dan menerapkan *system* inspeksi berkala selama proses *taping* agar dapat mendeteksi kesalahan lebih awal.

Khunaifi *et al.* (2022) melakukan penelitian terkait pemborosan yang terjadi pada proses produksi PT. Pura Barutama. Pemborosan yang terjadi ada pada pergerakan *tools* dan mesin yang tidak sesuai dengan terget atau kapasitas. Metode yang dipilih oleh peneliti adalah *lean manufacturing* menggunakan VSM (*Value Stream Mapping)* dan PAM (*Process Activity Mapping).* Hasil identifikasi akar penyebab dari *waste* yang ditemukan adalah *waiting, defect, unnecessary motion,* dan *transportation.* Akar penyebab permasalah yang berada pada tingkat tertinggi adalah kerusakan mesin dan menunggu *maintancance.* Perbaikan yang dilakukan adalah dengan pengecekan mesin secara berkala, menerapkan manajemen perawatan mesin, meningkatkan *skill* operator produksi dan memerikan pengaturan mesin sesuai SOP. Sedangkan pada *level moderate* ada pada penyimpanan sementara dan pemindahan barang dengan usulan perbaikan tata letak lokasi penyimpanan dan merancang system tata letak gudang.

Evaluasi kerusakan barang dalam proses pengiriman dilakukan oleh Somadi *et al.* (2020). Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui barang yang mengalami kerusakan pada saat pengiriman, faktor penyebabnya, dan upaya untuk mengurangi kerusakan barang. Metode yang digunakan adalah *seven tools* dan analisis 5W+1H. Berdasarkan hasil penelitian, kerusakan barang disebabkan karna kurangnya jumlah SDM, kurangnya keahlian dalam mengemudi, *driver* mengejar waktu, kualitas *material packaging* kurang bagus, barang terguncang saat perjalanan, keterbatasan jumlah armada, biaya transportasi mahal, dan tidak ada pelatihan dan SOP kerja. Upaya yang diberikan oleh Somadi dkk antara lain rekrutmen SDM yang berpengalaman, melakukan pengawasan saat proses bongkar muat, pemberian estimasi waktu perjalanan, sopir patuh terhadap tata tertib, karyawan menjalankan SOP dengan benar, pemberian pelatihan, pemberian perintah kerja kepada karyawan yang mampu menjalankan

tanggung jawabnya, penambahan jumlah armada, penghematan biaya transportasi, perawatan dan perbaikan pada mesin secara berkala, memilih material packaging yang kuat dan baik, dan melakukan penyusunan atau penempatan barang dengan baik dan benar saat muat barang.

Herlingga (2023) menemukan ada pemborosan waktu dan tidak ada nilai tambah yang dihasilkan pada lantai produksi di PT. E Purwakarta. Upaya untuk dapat meminimasi pemborosan tersebut, Muhammad Herlingga melakukan penerapan *lean manufacturing* menggunakan metode *Value Stream Mapping.* Analisa yang ditemukan menggunakan metode tersebut antara lain terjadinya pemborosan akibat dari kebocoran pada stasiun *size process,* pemborosan akibat *lead time* yang panjang, dan pemborosan pada bagian stasiun pengepakan. Perbaikan yang diusulkan oleh Muhammad Herlingga adalah mengubah *setup internal* menjadi *setup external* terhadap masalah kebocoran, mengganti filter yang lebih baik, dan penambahan mesin jepitan sebelum pengepakan. Pengurangan proses waktu *lead time* dari metode VSM tersebut sebesar 150 menit dengan *takt time* 0,10 menit/unit, kapasitas produksi terpenuhi 359 ton/hari.

Limurty (2021) di perusahaan percetakan melakukan penelitian untuk mengurangi *waste* pada lingkungan kerja produksi percetakan dengan membagi *waste* menjadi 7 kategori. Jessie menerapkan *lean manufacturing* dengan metode 5S. Pengambilan data menggunakan *tools Process Activity Mapping (PAM)* dengan mengkategorikan aktivitas bernilai tambah (VA), tidak bernilai tambah (NVA), dan *necessary but nonvalue added* (NNVA). Hasil dari masing-masing kategori menunjukkan VA sebesar 27,27%, NVA sebesar 9,09%, dan NNVA sebesar 63,64%. *Waste* tertinggi ditemukan pada *motion* 47%, *transportation* 17%, *waiting* 17%, *overprocessing* 10%, *defect* 7%, dan *overproduction* 3%. Usulan 5S yang diberikan untuk meminimasi *waste motion* dan *transportation* akibat area kerja yang berantakan dan jarak material yang jauh.

Wiranty (2024) melakukan penelitian pada perusahaan keramik dan menemukan beberapa *waste* dalam proses produksinya. Untuk mengurangi *waste* tersebut, Wiranty menerapkan *lean manufacturing* dengan metode VSM dalam menganalisa dan merancang aliran material dan informasi untuk dapat mengidentifikasi dan mencari solusi perbaikan dalam mengurangi *waste.* Hasil identifikasi menunjukkan *waste* dominan pada *overproduction, defect,* dan *inventory.* Usulan yang diberikan untuk *waste overproduction* adalah melakukan peramalan jumlah keramik yang akan diproduksi, dengan hasil peramalan pada periode ke-13 adalah 249.186,3 unit dan nilai MAPE lebih kecil dibandingkan dengan peramalan perusahaan sebesar 0,75%. Usulan untuk *waste defect* berupa perbaikan dengan *root cause analysis* dengan *fishbone* dari 3 *defect* yang terjadi, lalu menggunakan *Kaizen* 5W1H untuk perumusan perbaikan yang tepat. Usulan

untuk *waste inventory* berupa mengurangi *waste production*. Setelah menerapkan perbaikan dari ketiga *waste* tersebut, *cycle time* hasil *process activity mapping* mengalamin penurunan dari 19.760,19 detik menjadi 17.455,99 detik dengan menghilangkan aktivitas *non-value added.*

Penelitian yang dilakukan oleh Lestiana dan Rachmawaty (2022) membahas tentang keadaan pada departemen *welding* di PT. Astra Honda Motor (AHM) yang ditemukan banyaknya *waste* berupa *defect* pada proses produksinya sebesar 7% dari total produksi. Metode yang digunakan adalah *value stream mapping* (VSM) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). VSM digunakan untuk memetakan aliran proses produksi, mengidentifikasi proses mana saja yang memiliki *waste* terbanyak, dan digunakan juga untuk mengusulkan perbaikan pada proses produksi. Sedangkan FMEA digunakan untuk menganalisis efek yang timbul dari *waste* dan menentukan tingkat urgensi *waste* yang harus diminimalisir. Setelah melakukan perbaikan, total *lead time* berkurang 860 detik, *Non-value added* (NVA) berkurang 332 detik, dan nilai *Process Cycle Efficiency* (PCE) meningkat sebesar 4.44%.

Penelitian yang dilakukan oleh Rosikin *et al.* (2024) di PT X bertujuan untuk mengurangi *cycle time* proses perakitan dengan penerapan *lean manufacturing* menggunakan metode *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) dengan *tools Process Activity Mapping* (PAM). Berdasarkan identifikasi yang ditemukan, *waste* dengan bobot paling besar berada pada *waste overprocessing* dan *motion.* Penyebab *cycle time* berlebih pada *line A* adalah operator hanya berjalan kembali ke proses awal tanpa melakukan proses lain dan ada transit *part* pada mesin. Hasil dari tahap *action* yang berasal dari *future* PAM (perbaikan pada tahap *do)* menunjukkan ada penurunan pada *cycle time* perakitan sebesar 9 detik.

Pranaditya (2025) melakukan optimalisasi kinerja logistik untuk mereduksi pemborosan dan peningkatan efisiensi proses *inbound outbound coil* pada sistem pergudangan *HRC* menggunakan pendekatan *lean warehousing* dan *line balancing*. Masalah yang ditemukan adalah keterlambatan dan pemborosoan dalam operasional pergudangan yang disebabkan oleh ada *bottleneck*

Penelitian oleh Tan *et al.* (2022) menganalisis pengelolaan dan proses daur ulang limbah plastik di Malaysia, dengan fokus pada aliran material plastik seperti HDPE, PET, LDPE, PP, dan polyfoam. Permasalahan utama yang ditemukan adalah rendahnya tingkat daur ulang dan kualitas limbah plastik akibat kontaminasi dan pencampuran material non-recyclable, yang disebabkan oleh ketidakterpaduan kebijakan pengelolaan limbah dan rendahnya kesadaran masyarakat. Penelitian ini menggunakan Material Flow Analysis (MFA) serta studi lapangan dan wawancara sebagai metode analisis. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa hanya 41,4% limbah plastik yang berhasil didaur ulang, sehingga direkomendasikan peningkatan edukasi publik, integrasi sektor informal, dan penerapan Extended Producer Responsibility (EPR) untuk meningkatkan kinerja daur ulang.

Penelitian yang dilakukan oleh Velia Ayu dan Nur Rahman (2021) berfokus pada perbaikan stasiun kerja penjahitan tas mini. Masalah yang ditemukan antara lain keterlambatan produksi, produksi yang tidak memenuhi target, metode kerja yang kuran baik. Penyelesaian masalah melalui usulan perbaikan metode kerja berdasarkan pengukuran beban kerja mental menggunakan metode NASA-TLX, peta kerja, dan *Motion Time Measurement* (MTM), bertujuan untuk penyamarataan beban kerja, menyeimbangkan gerakan kerja antara tangan kiri dan kanan. Hasil dari usulan perbaikan tersebut antara lain pengurangan waktu baku dalam menyelesaikan satu produk, sehingga tetap dapat memenuhi target produksi tanpa kebijakan *overtime.*

Penelitian yang dilakukan oleh Sri *et al.* (2023) pada sebuah CV industri mabel, menemukan masalah yakni waktu operasi yang terlalu lama menyebabkan tidak terpenuhinya target produksi. Hal tersebut dikarenakkan banyaknya tindakan yang tidak memberikan nilai tambah bagi operator. Tujuan melakukan penelitian tersebut untuk mengukur dan menentukan waktu kerja agar dapat mengurangi terjadinya gerakan tidak perlu, dengan membuat metode kerja usulan. Metode yang digunakan adalah *Maynard Operation Sequence Techinique* (MOST). Hasil metode menunjukkan terdapat kegiatan yang dapat digabungkan dengan urutan kerja yang tidak sesuai dengan kondisi sebelumnya. Waktu kerja pada setiap stasiun kerja mengalami penurunan dan *output* produksi telah memenuhi target produksi.

Penelitian yang dilakukan oleh Pramudito *et al.* (2023) membahas perancangan rak penyimpanan untuk mengurangi jumlah produk cacat. Penelitian ini menyoroti masalah kecacatan produk yang terjadi saat penyimpanan di gudang. Penelurusan dilakukan hingga mendapatkan hasil produk cacat dari setiap jenis produk dengan rata-rata 5 produk per bulan. Cacat pada produk disebabkan oleh kondisi rak penyimpanan yang tidak baik. Kondisi tidak baik ini dilihat ketika produk diletakkan terjadi benturan akibat dari area memasukkan produk sempit dan sulit dijangkau. Penyebab lain dari kecacatan adalah tidak ada pembatas pada rak sehingga penyimpanan dilakukan dengan cara ditumpuk. Penelitian ini menggunakan metode rasional dalam merancang rak penyimpanan dan menghasilkan rak yang dilengkapi dengan pembatas dan dimensi yang disesuaikan dengan dimensi produk.

Penelitian yang dilakukan oleh Sopyana *et al.* (2025) membahas perancangan kursi sekolah yang ergonomis untuk anak pengidap autisme. Penelitian ini menyoroti masalah

fasilitas tidak ergonomis pada anak pengidap autisme. Kursi belajar pada pengidap autisme perlu untuk disesuaikan dengan dimensi tubuh anak autis guna mengakomodasi kepekaan sensorik dan keterbatasan motorik. Perancangan kursi sekolah pada penelitian ini menggunakan metode rasional berbasis data antropometri. Perancangan ini menggunakan dimensi tubuh agar menghasilkan produk yang inklusif dan tepat guna. Kursi yang dihasilkan juga mendukung kestabilan postur dan kenyamanan emosional anak selama proses pembelajaran.

Penelitian yang dilakukan oleh Purbaya *et al.* (2021) membahas perancangan meja pengemasan makanan ringan pada produksi di UKM Berkah Polaman. Penelitian ini menyoroti masalah kelelahan karyawan akibat tidak mementingkan posisi tubuh saat bekerja sehingga mengakibatkan tingginya tingkat kelelahan. Proses pengemasan yang dilakukan untuk berbagai jenis produk dilakukan dengan posisi duduk bersimpuh dalam waktu yang lama. Proses pengemasan dalam satu kali produksi dilakukan selama 210 meniit/periode. Dalam mengatasi masalah ini, Purbaya merancang meja pengemasan menggunakan metode rasional dengan basis penilaian REBA *(Rapid Entire Body Assessment)*. Hasil dari perancangan menghasilkan meja pengemasan yang disesuaikan dengan antropometri dan postur tubuh saat bekerja.

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka

Penulis	Objek	Masalah	Solusi	Metode	Tools	Hasil
Komirah (2022)	Produksi Wajan	Proses pembuatan wajan masih manual, akibatnya terdapat aktivitas *non-value added.*	Memberikan usulan perbaikan menggunakan 5W1H untuk masing-masing faktor dari akar masalah pada *fishbone diagram*	Pendekatan *lean manufacturiing*	*Lean Manufacturing (Value Stream Mapping* (VSM))	Usulan penempatan operator pada *packing,* pengadaan operator *material handling,* pengadaan alat *mover* dan menghilangkan aktivitas *non-value added*
Radhiana *et al.* (2025)	Industri pengolahan limbah plastik	Kelebihan produksi, waktu tunggu berlebih, *over processing,* cacat produk	Program pelatihan dan edukasi yang komprehensif, mencari pendanaan dari mitra bisnis, menjalin kemitraan dengan penyedia teknologi	*Lean manufacturing*, 5S	*Value Stream Mapping* (VSM)	Pengurangan pemborosan energi, bahan baku, dan waktu produksi, peningkatan profitabilitas melalui efisiensi operasional, pengurangan biaya produksi
Candra *et al.* (2025)	Produk *Cover* 12	Cacat produk *cover* 12 dari proses *taping*	Mengurangi *defect* menggunakan pedekatan *seven tools.*	*Seven tools,* Analisis 5W+1H	*Check sheet, histogram, pareto diagram, scatter diagram, control chart, fishbone diagram*	Usulan perbaikan berupa kalibrasi secara berkala, meningkatkan komunikasi antar tim desain, produksi, QC, menerapkan sistem

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka (lanjutan)

Penulis	Objek	Masalah	Solusi	Metode	Tools	Hasil
Khunaifi *et al.* (2022)	Perusahaan percetakan kertas	Pemborosan (berbagai aktivitas yang tidak diperlukan)	Rekomendasi perbaikan berupa pengecekan mesin secara berkala, manajemen perawatan mesin, meningkatan skill operator, pengecekan mesin sesuai SOP, perbaikan tata letak lokasi penyimpanan.	*Lean manufacturing*	*Value Stream Mapping* (VSM), *Process activity mapping, Root cause analysis,*	Mengajukan perbaikan berupa pengecekan mesin secara berkala, manajemen perawatan mesin, meningkatan skill operator, pengecekan mesin sesuai SOP, perbaikan tata letak lokasi penyimpanan.
Somadi *et al.* (2020)	Perusahaan ekspedisi	Kerusakan barang pada proses pengiriman	Meminimalisir terjadinya kerusakan pada proses pengiriman menggunakan *seven tools*	*Seven tools*	*Check sheet, histogram, scatter diagram, control chart, diagram pareto,* stratifikasi, *fishbone diagam,* analisis 5W+1H	Usulan perekrutan SDM berpengalaman, pengawasan pada proses bongkar muat, pemberian estimasi waktu perjalanan, penambahan jumlah armada, menggunakan material *packaging* yang kuat.

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka (lanjutan)

Penulis	Objek	Masalah	Solusi	Metode	Tools	Hasil
Herlingga (2023)	PT. E Purwakarta	Pemborosan di lantai produksi	Mengurangi penumpukan material, waktu produksi	*Lean manufacturing,* 5W+1H,	*Value Stream Mapping,* diagram sipoic, *flow chart*	Pengurangan proses waktu *lead time* sebesar 150 menit dengan *takt time* 0,10 menit/unit, kapasitas produksi terpenuhi 359 ton/hari.
Limurty (2021)	Perusahaan percetakan	*Waste,* lingkungan kerja tidak nyaman, ada pembatas antar proses operasi	Membuat desain khusus pada rak penyimpanan peralatan	*Lean manufacturing,* 5S	*Process Activity Mapping* (PAM),	Pengurangan pada *waste motion, transport.*
Wiranty *et al.* (2024)	Perusahaan keramik	*Waste overproduction, defect,* dan *inventory*	Perancangan ulang aktivitas proses dengan menghilangkan aktivitas non-value added	Pendekatan *lean manufacturing*	*Value Stream Mapping, Process Activity Mapping,* Kuisioner, *POM-QM, Fishbone diagram,* Kaizen 5W+1H	Usulan peramalan produk keramik, perbaikan menggunakan *fishbone* dan Kaizen 5W1H, usulan pengurangan *overproduction,* terjadinya penuruan 2.304,20 detik dengan menghilangkan *non-value added.*

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka (lanjutan)

Penulis	Objek	Masalah	Solusi	Metode	Tools	Hasil
Lestiana *et al.* (2022)	PT. Astra Honda Motor	*Waste defect* pada departemen *welding*	Mengurangi aktivitas *non-value added,* menurukan tingkat produk cacat, mengurangi waktu tunggu dan penumpukan pada persediaan	Pendekatan *lean manufacturing*	*Value Stream Mapping, Failure Mode and Effect Analysis*	Total *lead time* berkurang 860 detik, *Non-value added* (NVA) berkurang 332 detik, dan nilai *Process Cycle Efficiency* (PCE) meningkat sebesar 4.44%.
Herlingga (2023)	PT. E Purwakarta	Pemborosan di lantai produksi	Mengurangi penumpukan material, waktu produksi	*Lean manufacturing,* 5W+1H,	*Value Stream Mapping,* diagram sipoic, *flow chart*	Pengurangan proses waktu *lead time* sebesar 150 menit dengan *takt time* 0,10 menit/unit, kapasitas produksi terpenuhi 359 ton/hari.
Rosikin *et al.* (2024)	PT X	*Cycle time* lebih tinggi dibandingkan *takt time* yang tersedia	Menurukan *cycle time* proses perakitan, eliminasi pemborosan, perbaikan *layout* kerja dan urutan proses, standarisasi proses kerja baru	Pendekatan *lean manufacturing, Plan-Do-Check-Action,* Kaizen, *time study*	*Fishbone diagram,* kuisioner, *Value Stream Analysis, Process Activity Mapping*	Penurunan *cycle time* sebesar 9 detik.

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka (lanjutan)

Penulis	Objek	Masalah	Solusi	Metode	Tools	Hasil
Pranaditya, *et al.* (2025)	PT Krakatau Argo Logistik	*Bottleneck* operasional yang mengakibatkan keterlambatan distribusi	Penerapan sistem *booking slot* bongkar muat, perancangan *buffer area coil outbound,* pengukuran waktu baku, penerapan *line balancing,* perbaikan sistem komunikasi dan pelaporan	*Lean warehousing, root cause analysis, line balancing, time study,* analisis kelayakkan ekonomi	*Fishbone diagram, pareto chart,* 5 *whys analysis, precedence diagram, westinghouse*	Peningkatan efisiensi *inbound* 45%, *outbound 28%, idle time* menurun 201 menit
Tan *et al.* (2022)	Perusahaan di Malaysia	Tingginya limbah plastik akibat tidak ada pengelolaan limbah dan kontaminasi material *non reycylable*	Standarisasi sistem pengelolaan sampah, integrasi sektor sistem daur ulang, peningkatan kualitas sumber plastik daur ulang, implementasi *extended producer responsibility,* peningkatan daya saing resin daur ulang	*Material Flow Analysis* (MFA), *system analysis of solid waste management, process flow analysis,* kunjungan industri	*Material Flow Analysis* (MFA), *process flow diagram,* tinjauan kebjikan	Penurunan limbah plastik hasil daur ulang sebesar 41.4 %, dengan peningkatan edukasi public dan penerapan *Extended Producer Responsibility* (ERP)
Ayu *et al.* (2021)	CV .X produksi tas *backpack*	Keterlambatan produksi, metode kerja yang kurang baik, produksi tidak memenuhi target	Melakukan usulan perbaikan kerja	NASA-TLX, *Motion Time Measurement* (MTM)	Peta tangan kiri tangan kanan	Pengurangan waktu baku, target produksi terpenuhi tanpa membuat kebijakan *overtime*

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka (lanjutan)

Penulis	Objek	Masalah	Solusi	Metode	Tools	Hasil
Sri *et al.* (2023)	Industri mabel	Waktu operasi lama yang menyebabkan tidak terpenuhinya target produksi	Memberikan usulan metode kerja	*Maynard Operation Sequence Techique* (MOST)	Peta kerja	Penurunan waktu operasi, terpenuhinya target produksi.
Pramudito *et al.* (2023)	*Tulakir fiberglass*	Produk cacat selama proses penyimpanan akibat kondisi rak penyimpanan yang tidak baik	Perancangan rak penyimpanan dengan menyesuaikan ukuran untuk memasukkan produk dan menambahkan pembatas agar produk tidak ditumpuk	Metode rasional	*Objective tree, black box, transparent box, HOQ, peta morfologi, skala penilaian, bobot, matriks evaluasi,* Solidworks	Rancangan rak penyimpanan dengan dimensi yang telah disesuaikan dengan dimensi produk serta penambahan pembatas dan laci
Sopyana *et al.* (2025)	SLB Yayasan Autisma	Fasilitas belajar yang tidak ergonomis bagi anak pengidap autisme	Perancangan kursi belajar dengan basis antropometri anak autisme untuk mengakomodasi kepekaan sensorik dan keterbatasan motorik pada anak autisme	Metode rasional dengan pendekatan antropometri	*Objetive tree, function analysis, performance specification, morphological chart, Autodesk Fushion 360*	Rancangan kursi belajar dengan dimensi yang telah disesuaikan pada dimensi anak autisme

Tabel 2.1 Ringkasan tinjauan pustaka (lanjutan)

Penulis	Objek	Masalah	Solusi	Metode	Tools	Hasil
Purbaya *et al.* (2021)	UKM Berkah Polaman	Proses pengamasan yang dilakukan dengan postur tubuh tidak sesuai mengakibatkan kelelahan karyawan yang bekerja dengan waktu yang relatif lama	Perancangan meja pengemasan dengan basis antropometri dan perhitungan skor REBA	Metode rasional dengan pendekatan antropometri dan skor REBA)	*Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *objective tree, black box, transparent box, performance specification, House of Ergonomic* (HOE), *morphological chart,* CAD	Rancangan meja pengemasan dengan dimensi yang telah disesuaikan

2.2 Dasar Teori

Dasar teori berisikan topik yang mendukung dalam penulisan dan pengerjaan Tugas Akhir. Mata Kuliah yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini adalah Analisis dan Perancangan Sistem Kerja (STIN17302) terkait *Time and Motion Study*, Analisis Biaya (STIN30402) pada materi terkait *Benefit Cost Analysis,* dan Rekayasa dan Desain (STIN16302) pada materi terkait Metode rasional. Berikut beberapa dasar teori yang digunakan dalam Tugas Akhir.

2.2.1 *Waste*

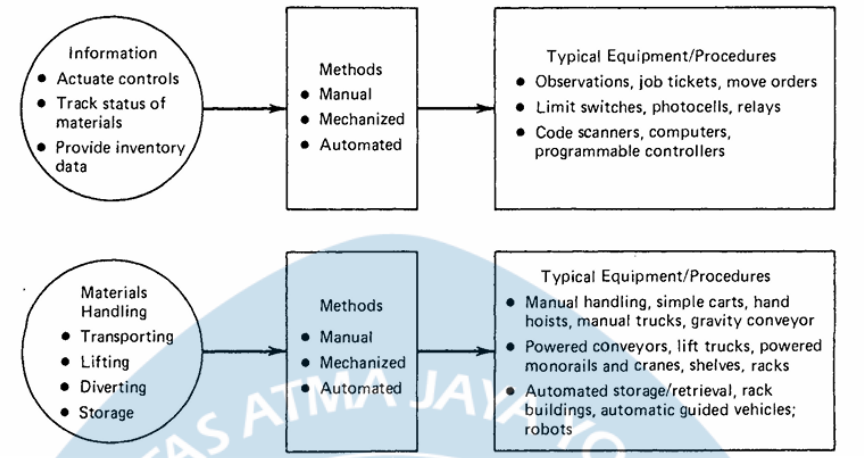
Waste atau pemborosan merupakan kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah ataupun manfaat yang dapat merugikan perusahaan (Baharudin, I. 2021). Terdapat 9 jenis pemborosan menurut Gapersz yaitu:

- *Environmental Health and Safety* (EHS), jenis pemborosan akibat kelalaian dalam hal yang berkaitan dengan EHS.
- *Defect,* jenis pemborosan yang terjadi akibat produk cacat.
- *Over Production,* jenis pemborosan yang disebabkan dari produksi berlebihan.
- *Waiting,* jenis pemborosan yang terjadi karena ada proses yang terhambat dan mengakibatkan ada waktu tunggu.
- *Non-Utilizing Employee,* jenis pemborosan sumber daya manusia akibat dari pekerja tidak mampu melakukan tugasnya dengan optimal.
- *Transportation,* jenis pemborosan dari transportasi yang menyebabkan terbuangnya biaya, waktu, dan tenaga.
- *Inventory,* jenis pemborosan yang terjadi karena penyimpanan yang berlebihan akibat kebutuhan bahan baku produksi.
- *Motion,* jenis pemborosan yang terjadi akibat pergerakan yang tidak perlu, yang dapat menyebabkan *lead time* lebih lama.
- *Excess Processing,* jenis pemborosan yang terjadi karena ada tahapan dalam proses yang berlebihan.

2.2.2 *Material Handling*

Material handling adala suatu sistem kombinasi dari metode, fasilitas, tenaga kerja, dan alat bantu yang berguna untuk memindahkan, melindungi, dan menyimpan material untuk mencapai tujuan tertentu. Sistem *material handling* dapat berbentuk sederhana yang melibatkan peralatan mendasar dan berbentuk sistem yang kompleks tergantung dengan faktor yang berkaitan. Sistem *material handling* dapat mencakup keseluruhan proses dalam suatu pabrik atau hanya subsistem yang beroperasi di area pabrik.

Terlepas dari cakupannya, terdapat dua aliran *material handling*, yaitu paralel yang mencakup fisik dan material dan aliran informasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Aliran *material handling*

Sumber: Kulweic, 1985

Prinsip utama *material handling* bukan sekadar pemindahan material, namun memastikan bahwa material yang benar dapat sampai tepat waktu dan dalam kondisi yang sempurna dengan biaya yang efisien (Kulweic, 1985).

Material handling termasuk salah satu komponen pendukung dalam pekerjaan, contohnya pada bagian manufaktur, pemrosesan, gudang, rumah sakit, perkantoran, dan tempat berbelanja. *Material handling* dibedakan berdasarkan jenis dan fungsinya, yaitu pengangkutan, peralatan pemindahan, peralatan pembentuk beban unit, perlindungan, dan penyimpanan (Kulweic, 1985).

Menurut Promisel (1985), konsep *unit load* memiliki prinsip perpindahan material yang harus dilakukan semaksimal mungkin untuk mengurangi jumlah perpindahan yang dibutuhkan. Material dengan berbagai bentuk dan ukuran umumnya menggunakan prinsip dasar perpindahan ini. Adapun yang termasuk dalam jenis-jenis *unit load* menurut klasifikasi Bagadia (1985), *platform, sheet, rack, container, self-contained unit load,* dan *palletless handling.* Jenis *platform* terbagi menjadi dua jenis, yaitu *skid* dan *pallet*. *Skid* adalah alat bantu dengan kaki tanpa ada dek bawah yang memiliki dua balok penyangga sebagai penopang permukaan *deck*. Sedangkan *pallet* adalah alat bantu dengan dek ganda yang dapat digunakan sebagai alas untuk merakit, menyimpan, dan memproses dalam satuan muatan. Terdapat beberapa jenis dasar *pallet* antara lain, *corrugated paper, wood, plywood, plastic,* dan *metal* (Kulweic, 1985).

Penyusunan muatan pada *pallet* dilakukan dengan cara penyusunan berdampingan (*side-by-side*) dan penumpukan vertikal (*stacking*) untuk mengoptimalkan ruang pada

pallet. Penyusunan *pallet side-by-side* ditentukan menggunakan perbandingan dimensi *pallet* dan muatan (Kulweic, 1985). Perhitungan jumlah box per lapisan menggunakan Persamaan 2.1.

$$\text{Jumlah box per lapisan} = \frac{\textit{Panjang pallet}}{\textit{Panjang box}} x \frac{\textit{Lebar pallet}}{\textit{Lebar box}} \quad (2.1)$$

Perhitungan jumlah tumpukan box secara vertikal menggunakan Persamaan 2.2.

$$\text{Jumlah tumpukan box} = \left[\frac{\textit{Tinggi maksimal - Tinggi pallet}}{\textit{Tinggi box}}\right] \quad (2.2)$$

Material handling sebagai wadah harus memenuhi kriteria fungsional sebagai alat perlindungan (*protective packaging*). *Material handling* dirancang untuk melindungi isi dari faktor eksternal yang terjadi ketika perpindahan terjadi. Faktor eksternal yang bisa saja terjadi tekanan mekanis, getaran, dan faktor lingkungan lainnya selama proses distribusi. *Material handling* harus memiliki kekuatan struktur yang mampu menahan beban tumpukan. Selain itu, dalam perancangan perlu memerhatikan kemudahan akses dari operator dengan dasar *ergonomic* dan kompatibilitas dengan peralatan lainnya sehingga *material handling* yang dirancang tidak hanya sebagai pembungkus biasa melainkan komponen aktif dalam sistem (Kulweic, 1985).

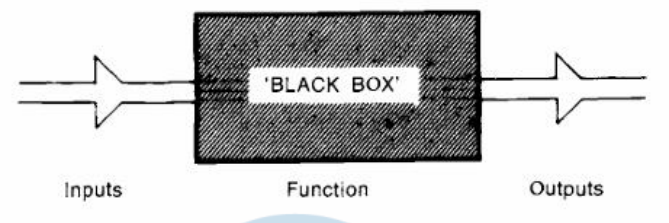
2.2.3 Metode Rasional dalam Perancangan Produk

Metode rasional adalah pendekatan secara sistematis pada proses desain dengan tahapan-tahapan yang berguna untuk memperluas rancangan solusi serta memastikan bahwa rancangan dibuat berdasarkan logika dan data. Metode rasional mengubah desain yang kreatif dan tidak terstruktur menjadi lebih terstruktur dan objektif. Tujuan penggunaan metode rasional dalam perancangan antara lain menuangkan proses perancangan dalam bentuk grafik atau diagram, meningkatkan kualitas pemilihan rancangan, menangani masalah dengan membagi sub-masalah agar lebih mudah dikelola serta menampilkan alasan dari pemilihan solusi (Cross, 2005).

Menurut buku *Engineering Design Method* (Cross, 2005), metode rasional terdiri dari beberapa tahapan antara lain.

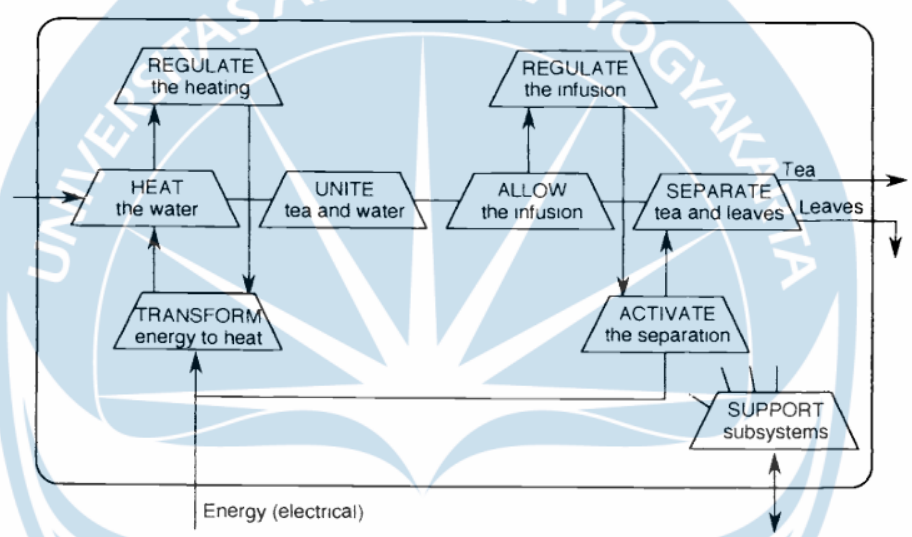
- *Clarifying objectives,* bertujuan untuk menentukan tujuan hingga sub tujuan pada tahap yang lebih rendah serta hubungan antar tujuan. Hubungan tujuan dengan sub tujuan menghasilkan pernyataan tentang bagaimana cara mencapai tujuan atau sub tujuan yang lebih rendah. Sedangkan, hubungan sub tujuan dengan tujuan menghasilkan pernyataan tentang mengapa sub tujuan tersebut dapat mencapai tujuan tersebut atau sub tujuan yang lebih tinggi. *Tools* yang digunakan pada tahap ini adalah *objective tree*.

- *Establishing functions*, bertujuan untuk menyamakan permintaan stakeholder dengan batasan pada fungsi-fungsi untuk perancangan desain usulan. *Tools* yang digunakan pada tahap ini adalah *black box* dan *transparent box*.



Gambar 2.2 Contoh *black box*

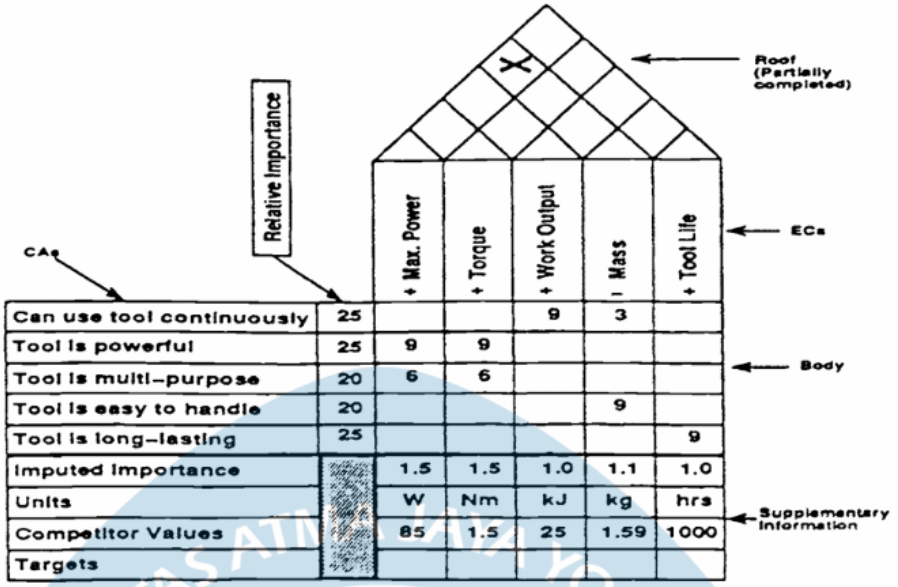
Sumber: Cross, 2005



Gambar 2.3 Contoh *transparent box*

Sumber: Cross, 2005

- *Setting requirements*, bertujuan untuk menentukan spesifikasi dan batasan dari permintaan pada rancangan desain baru. *Tools* yang digunakan pada tahap ini adalah *performance specification*.
- *Determining characteristics,* bertujuan untuk menetapkan target dari karakteristik yang disesuaikan dengan permintaan stakeholder. *Tools* yang digunakan pada tahap ini adalah *house of quality*.



Gambar 2.4 Contoh *house of quality*

Sumber: Cross, 2005

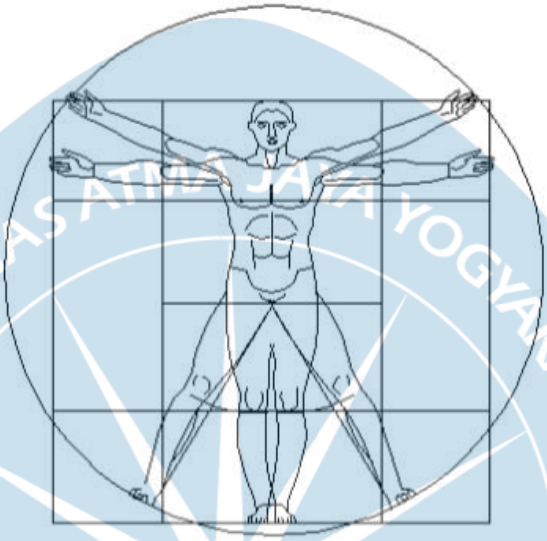
- *Generating alternative,* bertujuan untuk menghasilkan alternatif solusi dengan berbagai desain dengan solusi yang potensial. *Tools* yang digunakan adalah *morphological chart*.
- *Evaluating alternative,* bertujuan untuk membandingkan seluruh alternatif menggunakan skala penilaian untuk mencari solusi yang paling potensial. *Tools* yang digunakan adalah tabel skala penilaian.
- *Improving details,* bertujuan untuk meningkatkan atau mempertahankan nilai produk rancangan yang sesuai dengan kebutuhan stakeholder.

2.2.4 Antropometri

Antropometri merupakan studi mengenai pengukuran dimensi dan karakteristik fisik seperti berat, volume, pusat gravitasi, sifat-sifat inersia segmen tubuh dan kekuatan kelompok otot (Tayyari *et al.*, 1997). Antropometri adalah pengukuran dimensi tubuh atau karakteristik fisik yang relevan terhadap desain dari produk yang akan digunakan. Dimensi tubuh dari pengguna perlu diketahui untuk merancangan peralatan kerja, peralatan kerja, stasiun kerja, dan produk yang sesuai dengan dimensi pekerja untuk menciptakan kenyamanan dan keselamatan kerja. Perancangan alat kerja menggunakan data antropometri akan menciptakan produk yang memudahkan pengguna dalam beraktivitas (Purnomo, 2013).

Tubuh manusia dianggap sebuah sistem kompleks yang berbeda antara satu dengan yang lainnya (Salvendy & Karwowski, 2022). Dimensi tubuh yang bervariasi disebabkan oleh perbedaan wilayah, usia, jenis kelamin, dan ras. Perbedaan ini membuat

perancangan perlu menyesuaikan dimensi tubuh agar sesuai dengan kepentingan dari pengguna produk. Selain perbedaan variasi dimensi tubuh, ada pula perbedaan dimensi tubuh pada orang yang mengalami cacat fisik. Dimensi tubuh dari orang yang mengalami cacat fisik berbeda dengan dimensi umum dari manusia yang tidak cacat fisik. Ada beberapa dimensi tambahan yang perlu untuk disesuaikan dengan kebutuhan orang cacat fisik sehingga keterbatasan yang ada dapat dieliminir (Purnomo, 2013).



Gambar 2.5 Proporsi tubuh manusia oleh Leonardo da Vinci

Sumber: Purnomo, 2013

Pengukuran dimensi tubuh dapat dilakukan dengan dua metode, penggunaan alat konvensional dan teknologi modern. Pengukuran antropometri menggunakan alat konvensional dilakukan menggunakan kursi antropometri, jangka lengkung, dan jangka sorong. Pengukuran antropometri menggunakan teknologi modern dilakukan menggunakan rekaman video, *holography*, dan *stereophotometry*, yang dapat mengatasi beberapa kelemahan dari pengukuran konvensional (Purnomo, 2013).

2.2.5 Perancangan Sistem Kerja

Sistem kerja adalah kesatuan yang terdiri dari unsur manusia, bahan, perlengkapan dan peralatan, metode dan lingkungan kerja untuk mencapai tujuan tertentu (Sutatlaksana *et al,* 1979). Tujuan perancangan sistem kerja adalah dapat menghasilkan sistem kerja yang ENASE (efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien), yang diharapkan sistem kerja yang dirancang mampu menghasilkan *output* sesuai dengan tujuan yang ditetapkan, nyaman, aman dan sehat bagi pekerja, dan efisien yakni biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan lebih kecil dibanding dengan *output* yang dihasilkan.

Sistem kerja terbagi dalam dua kategori aktivtias yaitu kegiatan kerja setempat dan kegiatan kerja keseluruhan. Kegiatan kerja setempat melibatkan semua fasilitas dalam suatu stasiun kerja, dan kegiatan kerja keseluruhan melibatkan semua fasilitas dalam membuat suatu produk. Alat yang digunakan untuk mempermudah perbaikan sistem kerja adalah menggunakan peta kerja. Peta Kerja menurut Sutalaksana (2006) merupakan alat yang menggambarkan kegiatan secara sistematis dan jelas, mulai dari transportasi, operasi mesin, pemeriksaan dan perakitan, hingga menjadi produk jadi.

Peta kerja untuk perbaikan stasiun kerja dalam sistem kerja setempat adalah Peta Pekerja dan Mesin, dan Peta Tangan Kiri dan Kanan. Analisis menggunakan Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan bertujuan untuk melihat perbandingan beban kerja dan waktu menganggur pada kedua tangan, sehingga dapat digunakan untuk beberapa hal berikut.

- Menyeimbangkan gerakan kedua tangan untuk mengurangi kelelahan.
- Meminimasi gerakan yang tidak efisien dan tidak produktif untuk mempersingkat waktu kerja.
- Alat untuk menganalisis tata letak stasiun kerja.
- Alat untuk melatih pekerja baru.

2.2.6 *Time and Motion Study*

Studi waktu merupakan sebuah teknik dalam menetapkan standar waktu yang digunakan untuk melakukan tugas tertentu berdasarkan pekerjaan dari metode yang ditentukan, dengan mempertimbangkan faktor kelelahan dan kebutuhan pribadi yang tidak dapat dihindari, sedangkan studi gerakan yang ditemukan oleh Frank B. Gilberth bersama dengan Lilian Gilbert sang istri, bertujuan untuk mengeliminasi gerakan yang tidak diperlukan, menyederhanakan gerakan yang diperlukan, dan menetapkan urutan gerakan untuk mendapatkan efisiensi maksimal (Niebel, 1958). Perbedaan antara studi waktu dan studi gerakan dalam perkembangannya menjadi dua hal yang berkaitan. Oleh karena itu, kini terdapat istilah *motion and time study* atau *methods engineering* oleh Sutalaksana *et al.* (2006) yang merujuk pada buku “Teknik Tata Cara Kerja”. Studi waktu dan gerakan bertujuan untuk (Barnes, 1980).

- Mengembangkan sistem dan metode yang lebih baik dengan biaya yang lebih murah.
- Standarisasi sistem dan metode
- Menentukan waktu standar
- Membantu pekerja menerapkan metode yang lebih baik.

Metode untuk melakukan pengukuran dalam studi waktu yaitu pengukuran waktu langsung dan tidak langsung. Pengukuran waktu langsung yaitu mengamati pekerjaan secara langsung dengan metode jam henti dan sampling pekerjaan, sedangkan pengukuran waktu tidak langsung dapat menggunakan data waktu gerakan yang telah tersedia (Setyanto *et al.*, 2025). Tahapan yang dilakukan dalam studi waktu antara lain (Mayselah, 2023):

- Melakukan pengukuran kerja
- Melakukan pengumpulan data waktu
- Melakukan uji keseragaman dan kecukupan data
- Menentukan faktor penyesuaian
- Menentukan waktu normal
- Menentukan faktor kelonggaran
- Menentukan waktu baku

Dalam studi gerakan, aktivitas tangan dibagi menjadi 17 kategori terpisah dan disebut dengan *Therbligs* yang berupa nama Gilberth yang dibalik (Mundel, 1955). Gerakan tangan dan simbolnya ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut.

THERBLIG NAME	SYMBOL	COLOR DESIGNATION	SYMBOL
SEARCH	S	BLACK	
SELECT	SE	GRAY, LIGHT	
GRASP	G	LAKE RED	
REACH	RE	OLIVE GREEN	
MOVE	M	GREEN	
HOLD	H	GOLD OCHRE	
RELEASE	RL	CARMINE RED	
POSITION	P	BLUE	
PRE-POSITION	PP	SKY-BLUE	
INSPECT	I	BURNT-OCHRE	
ASSEMBLE	A	VIOLET, HEAVY	
DISASSEMBLE	DA	VIOLET, LIGHT	
USE	U	PURPLE	
UNAVOIDABLE DELAY	UD	YELLOW OCHRE	
AVOIDABLE DELAY	AD	LEMON YELLOW	
PLAN	PL	BROWN	
REST TO OVERCOME FATIGUE	R	ORANGE	

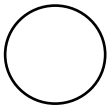
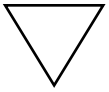
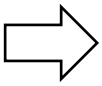
Gambar 2.6 Kategori gerakan tangan pada *Therbligs*

Sumber : Mundel, 1955

2.2.7 Peta Kerja

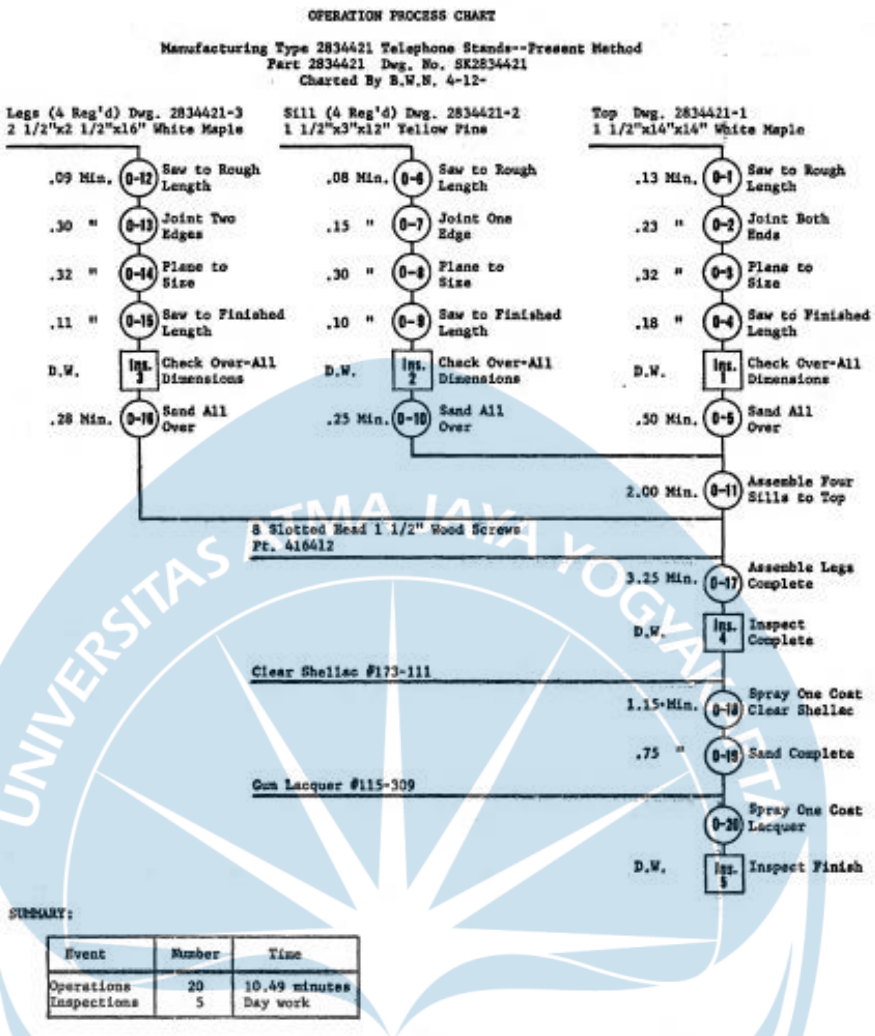
Peta kerja adalah salah satu alat untuk menunjukkan proses kerja dari awal hingga akhir untuk dapat menganalisis perancangan kerja yang baik. Lambang-lambang yang digunakan dalam peta kerja ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Lambang-lambang dalam peta kerja

Simbol	Aktivitas	Deskripsi
	Operasi	Aktivitas operasi adalah saat objek mengalami perubahan sifat dalam proses transformasi (Wignjosoebroto, 1992).
	Inspeksi	Aktivitas inspeksi adalah saat objek mengalami pemeriksaan (Sutalaksana, 2006).
	Menunggu	Aktivitas menunggu adalah saat objek atau operator tidak memiliki kegiatan lain selain menenungu (Wignjosoebroto, 1992).
	Menyimpan	Aktivitas menyimpan adalah saat objek disimpan dalam jangka waktu yang lama (Sutalaksana, 2006)
	Transportasi	Aktivitas transportasi adalah saat terjadi perpindahan tempat pada objek (Sutalaksana, 2006)

Pada bukunya, Sutalaksana (2006) menjelaskan bahwa peta kerja dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan kegiatannya, yakni peta kerja untuk kegiatan kerja keseluruhan dan peta kerja untuk kegiatan kerja setempat. Kegiatan kerja keseluruhan merupakan kegiatan yang melibatkan lebih dari satu fasilitas atau orang yang bersangkutan dalam membuat produk, sedangkan kegiatan kerja setempat adalah kegiatan yang teradi dalam suatu stasiun kerja yang melibatkan fasilitas dan orang dengan jumlah terbatas. Peta-peta kerja dalam kegiatan kerja keseluruhan antara lain peta proses operasi, peta aliran proses, peta regu kerja, dan diagram alir. Peta-peta kerja untuk kegiatan kerja setempat yakni peta pekerja dan mesin dan peta tangan kiri tangan kanan.

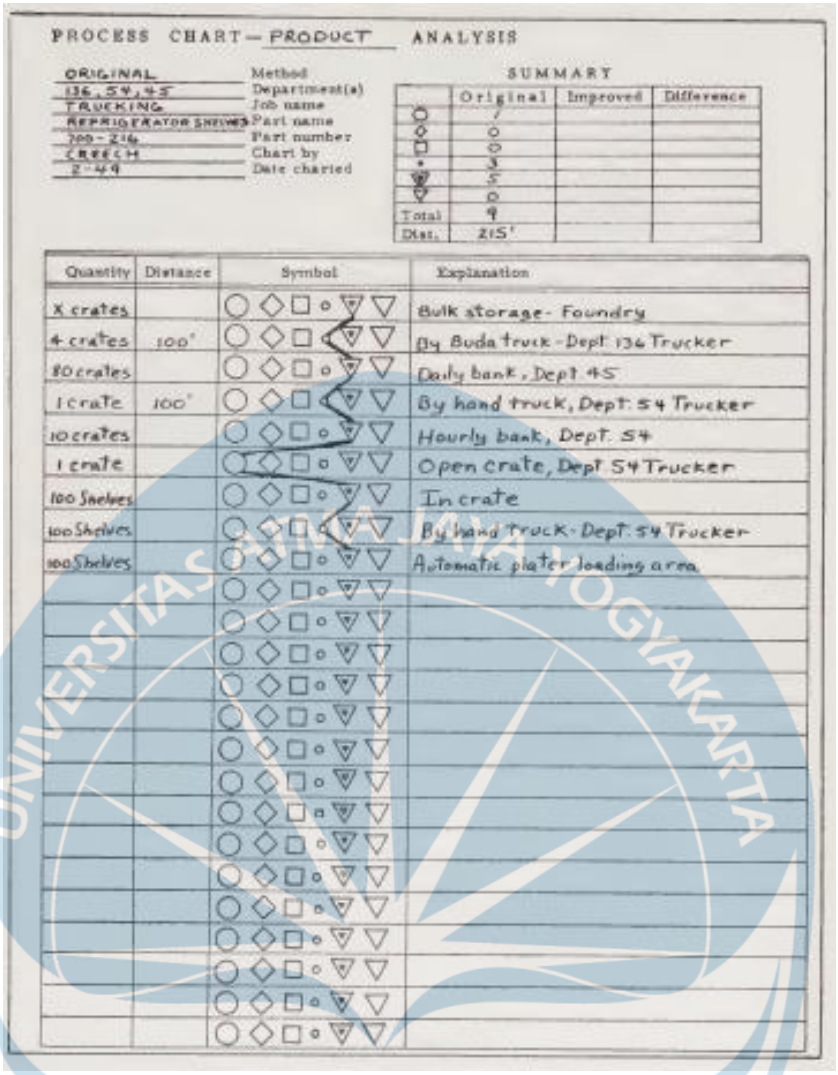
Peta proses operasi menunjukkan urutan proses yang dialami oleh bahan baku, mulai dari menampilkan material-material yang digunakan, urutan perakitan hingga ke penyimpanan. Kegunaan peta proses operasi diantaranya untuk mengetahui kebutuhan mesin, memperkirakan kebutuhan bahan baku, alat untuk perbaikan proses kerja dan untuk pelatihan kerja (Sutalaksana, 1979). Gambar 2.7 merupakan contoh dari peta proses operasi.



Gambar 2.7 Contoh peta proses operasi oleh W. Niebel

Sumber : Niebel, 1958

Sutalaksana (2006) menyebutkan ada tiga jenis tipe peta aliran, yakni untuk bahan baku, orang, dan proses. Peta aliran yang umum digunakan untuk analisis perbaikan metode kerja adalah peta airan proses. Informasi yang terdapat dalam peta aliran proses antara lain urutan operasi, inspeksi, transportasi, menunggu dan penyimpanan, jarak perpindahan, dan waktu aktivitas. Gambar 2.8 menunjukkan contoh peta aliran proses pada buku milik Mundel (1955).



Gambar 2.8 Contoh peta aliran proses

Sumber : Mundel, 1955

Peta tangan kiri dan tangan kanan adalah salah satu peta kerja pada kegiatan kerja setempat yang berdasar pada studi gerakan. PTKTK menggambarkan seluruh pergerakan kedua tangan operator saat bekerja secara rinci dan lengkap, sehingga dapat dengan mudah menganalisa dan melakukan perbaikan pada gerakan tangan yang tidak diperlukan. PTKTK menampilkan gerakan-gerakan dasar yang dikategorikan dalam Therbligs, yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 pada subbab sebelumnya.

2.2.8 Faktor Kelonggaran dan Penyesuaian

Faktor kelonggaran merupakan tambahan waktu pada waktu normal operator dengan pertimbangan kebutuhan operator seperti kebutuhan pribadi, kelelahan, dan hambatan yang tidak bisa dihindari (Niebel, 1958). Tabel 2.3 merupakan nilai-nilai pada faktor kelonggaran.

Tabel 2.3 Tabel faktor kelonggaran

Faktor	Contoh Pekerjan	Ekuivalen (Kg)	Kelonggaran %	
A. Tenaga yang dikeluarkan			Pria	Wanita
1. Dapat diabaikan	Bekerja dI meja, duduk	Tanpa Beban	0,0 – 6,0	0,0 – 6,0
2. Sangat ringan	Bekerja di meja, berdiri	0,0 – 2,25	6,0 – 7,5	6,0 – 7,5
3. Ringan	Menyekop	2,25 – 9,00	7,5 -12,00	7,5 -16,0
4. Sedang	Mencangkul	9,00 – 18,0	12,0 – 19,0	16,0 – 30,0
5. Berat	Mengayun beban berat	19,00 – 27,00	19,0 – 30,0	
6. Sangat berat	Memikul beban	27,00 – 50,00	30,0 – 50,0	
7. Luar biasa berat	Memikul beban berat	> 50		
B. Sikap Bekerja				
1. Duduk	Bekerja duduk ringan			0,0 – 1,0
2. Berdiri di atas dua kaki	Badan tegap ditumpu dua kaki			1,0 – 2,5
3. Berdir di atas satu kaki	Satu kaki mengerjakan alat kontrol			2,5 – 4,0
4. Berbaring	Pada bagian sisi, belakang/ depan beban			2,5 – 4,0
5. Membungkuk	Beban dibungkukkan bertumu pada dua kaki			4,0 – 10
C. Gerakan Kerja				
1. Normal	Lengan berayun bebas			0
2. Agak terbatas	Gerakan lengan terbatas			0 – 5
3. Sulit	Menggunakan satu tangan sambil membawa beban berat			0 - 5
4. Angggota badan bergerak terbatas	Pekerjaan dengan tangan di atas kepala			5 – 10
5. Seluruh anggota badan bergerak terbatas	Melakukan pekerjaan di lorong sempit			10 -15
D. Kelelahan Mata		Pencahayan baik	Buruk	
1. Pandangan terputus-putus	Membawa alat ukur	0,0 – 6,0	0,0 - 6,0	
2. Pandangan hampir terus-menerus	Pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi	6,0 -7,5	6,0 -7,5	
3. Pandangan terus-menerus dengan fokus tetap	Memerikan kecacatan produk	7,5 -12,0	7,5 – 16,0	

Tabel 2.3 Tabel faktor kelonggaran (lanjutan)

Faktor	Contoh Pekerjan	Ekuivalen (Kg)	Kelonggaran %	
D. Kelelahan Mata			Pria	Wanita
4. Pandangan terurs menerus dengan fokus berubah-ubah	Pemeriksaan yang sangat teliti	12,0 – 19,0	16,0 – 30,0	
5. Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus tetap		19,0 – 30,0		
6. Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus berubah-ubah		30,0 – 50,0		
E. Keadaan temperatur tempat kerja	Temperatur C^{o}	Kelembaban normal	Berlebihan	
1. Beku	< 0	> 10	> 12	
2. Rendah	0 - 13	10 - 0	12 – 5	
3. Sedang	13 - 22	5 - 0	8 – 0	
4. Normal	22 - 28	0 - 5	0 – 8	
5. Tinggi	28 - 38	5 - 40	8 – 100	
6. Sangat tiinggi	> 38	> 40	> 100	
F. Keadaan atmosfer				
1. Baik	Rungan yang berventitlasi baik ; udara segar		0	
2. Cukup	Ventilasi kurang baik, ada bau (tidak berbahaya)		0 – 5	
3. Kurang baik	Ada debu beracun atau banyak tidak beracun		5 – 10	
4. Buruk	Ada bau berbahaya yang mengaruskan menggunakan alat pernafasan		10 – 20	
G. Keadaan lingkungan yang baik				
1. Bersih, sehat, cerah dengan tingkat kebisingan rendah			0	
2. Siklus kerja berulang antara 5 sampai 10 detik			0 - 1	
3. Siklus kerja berulang antara 0 sampai 5 detik			1 – 3	
4. Terdapat suara yang sangat bising			0 – 5	
5. Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat memperburuk kualitas			0 – 5	
6. Terdapat getaran pada lantai dan terasa			5 – 10	
7. Keadaan-keadaan yang luar biasa (bunyi, kebersihan,dll)			5 - 15	

Faktor penyesuaian digunakan untuk menilai tingkat performansi operator dibandingkan operator normal dalam menyelesaikan pekerjaan. Penilaian dilakukan dengan metode

Westinghouse yang terdiri dari empat penilaian, yakni keterampilan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi, yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 hingga Gambar 2.12 berikut.

TABLE XIII

SKILL

+0.15	A1	Superskill
+0.13	A2	Superskill
+0.11	B1	Excellent
+0.08	B2	Excellent
+0.06	C1	Good
+0.03	C2	Good
0.00	D	Average
−0.05	E1	Fair
−0.10	E2	Fair
−0.16	F1	Poor
−0.22	F2	Poor

Source: Lowry, Maynard, and Stegemerten, *op. cit.*

Gambar 2.9 Tabel penilaian westinghouse untuk keterampilan

Sumber: Niebel, 1958

TABLE XIV

EFFORT

+0.13	A1	Excessive
+0.12	A2	Excessive
+0.10	B1	Excellent
+0.08	B2	Excellent
+0.05	C1	Good
+0.02	C2	Good
0.00	D	Average
−0.04	E1	Fair
−0.08	E2	Fair
−0.12	F1	Poor
−0.17	F2	Poor

Source: Lowry, Maynard, and Stegemerten, *op. cit.*

Gambar 2.10 Tabel penilaian westinghouse untuk usaha

Sumber: Niebel, 1958

TABLE XV

CONDITIONS

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excellent
+0.02	C	Good
0.00	D	Average
−0.03	E	Fair
−0.07	F	Poor

Source: Lowry, Maynard, and Stegemerten, *op. cit.*

Gambar 2.11 Tabel penilaian westinghouse untuk kondisi

Sumber: Niebel, 1958

TABLE XVI

CONSISTENCY

+0.04	A	Perfect
+0.03	B	Excellent
+0.01	C	Good
0.00	D	Average
−0.02	E	Fair
−0.04	F	Poor

Source: Lowry, Maynard, and Stegemerten, *op. cit.*

Gambar 2.12 Tabel penilaian westinghouse untuk konsistensi

Sumber: Niebel, 1958

2.2.9 Metode 5S/5R

Metode 5S merupakan metode Jepang pasca Perang Dunia II untuk menciptakan pendekatan yang terstruktur dan disiplin dalam tempat kerja, guna meminimalkan pemborosan, mengoptimalkan efisiensi, dan mendukung perbaikan berkelanjutan (Kularathne *et al.,* 2026). Metode yang terdiri dari *Seiri* (Ringkas), *Seiton* (Rapi), *Seiso* (Resik), *Seiketsu* (Rawat), dan *Shitsuke* (Rajin), memberikan kontribusi terhadap peningkatan efisiensi proses, pengurangan waktu tunggu, dan kemudahan untuk mengakses peralatan yang diperlukan pada perusahaan (Choirunisa, 2025). Hirwandi *et al.* (2025) menjabarkan metode 5S sebagai berikut.

- *Seiri* (Pemilihan) yaitu memilih dan memisahkan barang yang tidak diperlukan.
- *Seiton* (Penataan) yaitu mengatur dan menyusun peralatan agar tertata.
- *Seiso* (Pembersihan) yaitu membersihkan area kerja secara rutin.
- *Seiketsu* (Pemantapan) yaitu memelihara tempat kerja yang ringkas, rapi, resik dengan konsisten.
- *Shitsuke* (Pembiasaan) yaitu membiasakan kondisi tempat kerja yang ringkas, rapi, resik sebagai budaya kerja.

2.2.10 Analisis Biaya

a. Analisis *Cost Estimation*

Estimasi biaya (*cost estimation*) adalah proses memperkirakan biaya, pendapatan, dan konsekuensi suatu proyek berdasarkan data yang tersedia atau asumsi tertentu. Estimasi biaya digunakan untuk memprediksi arus kas masa depan untuk melakukan evaluasi kelayakan ekonomi. Estimasi biaya memiliki 2 pendekatan, yaitu *top-down* dan *bottom-up*. Pendekatan *top-down* memanfaatkan data historis dari proyek atau produk yang serupa sebagai dasar estimasi biaya yang sedang dianalisis. Pendekatan *bottom-up* dilakukan dengan membagi proyek menjadi unit-unit yang lebih kecil yang dikelola dan diperkirakan konsekuensi ekonomi dari masing-masing unit. Terdapat empat

sumber informasi untuk analisis ekonomi, antara lain catatan akuntansi, data historis perusahaan, data dari luar perusahaan, dan penelitian dan pengembangan (Sullivan *et al.* 2025).

Salah satu teknik perhitungan yang digunakan untuk estimasi biaya adalah *factor technique*. Teknik faktor (*Factor technique*) merupakan pengembangan dari *unit technique* yang digunakan untuk menghitung estimasi biaya keseluruhan yang didapatkan dengan menjumlahkan hasil perkalian antara faktor biaya dan jumlah unit dari beberapa komponen, kemudian menambahkan biaya tambahan yang dapat diestimasi secara langsung. Persamaan yang digunakan untuk estimasi biaya ditunjukkan oleh Persamaan 2.3

$$C = \sum_d C_d + \sum_m F_m U_m \tag{2.3}$$

dengan:

C = estimasi biaya
C_d = biaya komponen d yang dipilih dan diperkirakan secara langsung
F_m = biaya per satuan komponen m
U_m = jumlah satuan komponen m

b. Analisis *Annual Worth*

Annual worth adalah arus kas masuk dan keluar yang setara pada tingkat bunga berupa *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR) dengan nilai tahunan yang sama besarnya untuk periode studi yang ditentukan (Sullivan *et al.* 2025). Metode analisis AW digunakan untuk menghasilkan nilai ekonomi dalam satuan per tahun, dan mudah dipahami dalam proses pengambilan keputusan (Tarquin *et al.* 2023). Nilai *Annual Worth* merupakan ekuivalen dari nilai *Present Worth* (PW) atau *Future Worth* (FW) untuk perhitungan dengan tingkat MARR dan periode analisis yang sama, dengan Persamaan 2.4 berikut.

$$AW = PW(A/P,i,n) = FW(A/F,i,n) \tag{2.4}$$

dengan:

i% = MARR
n = periode analisis

Metode *Annual Worth* memiliki tiga asumsi dasar dalam membandingkan alternatif apabila memiliki umur ekonomis yang berbeda (Tarquin *et al.* 2023)

- Kebutuhan terhadap alternatif diasumsikan tetap mencapai *least common multiple* (LCM) umur ekonomis masing-masing alternatif.
- Alternatif yang terpilih akan diulang dengan kondisi yang sama pada setiap siklus umur ekonomis berikutnya.

- Seluruh arus kas pada setiap siklus diasumsikan memiliki nilai yang tetap.

Nilai *annual worth* terdiri dari dua komponen, yakni *Capital Recovery* (CR) yang merepresentasikan biaya tahunan dari investasi awal dengan mempertimbangkan MARR, dan nilai tahunan ekuivalen (*Annual Amount*/A) yang diperoleh dari seluruh arus kas selama umur proyek. Pada alternatif yang hanya melibatkan biaya, nilai A adalah biaya tahunan ekuivalen, dan pada alternatif yang menghasilkan pendapatan (*revenue),* nilai A mencakup biaya dan manfaat yang dinyatakan dalam bentuk nilai tahunan ekuivalen. Pada banyak kasus, nilai A adalah biaya operasi dan pemeliharaan tahunan yang terbentuk dari arus kas tahunan.

Nilai *annual worth* dapat diperoleh dari selisih antara manfaat atau penghematan tahunan (*annual revenue*), biaya tahunan *(annual expenses),* dan biaya pemulihan modal (*capital recovery*). Apabila suatu alternatif tidak memiliki investasi awal, nilai CR bernilai nol. Persamaan yang digunakan untuk AW ditunjukkan pada Persamaan 2.5 dan Persamaan 2.6.

$$AW(i\%) = R - E - CR(i\%) \tag{2.5}$$

$$CR(i\%) = \frac{i\%(1+i\%)^n}{(1+i\%)^n-1} \tag{2.6}$$

dengan:

AW = annual worth / nilai tahunan
R = annual revenue / penghematan setara tahunan
E = annual expenses / pengeluaran setara tahunan
CR = capital recovery / pemulihan modal setara tahunan / investasi
i% = MARR
n = periode analisis

c. Analisis *Benefit Cost*

Benefit Cost Analysis (BCA) adalah teknik untuk menganalisis antara biaya dan manfaat yang melibatkan estimasi dari alternatif tindakan yang akan dilakukan, dan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan (Lawrence *et al.,* 2004*)*. *Benefit Cost Analysis* berkaitan dengan tiga hal yang saling berhubungan yaitu:

- Manfaat *(Benefit)* dapat berupa penurunan biaya dan atau peningkatan kinerja.
- Biaya *(Cost)* berupa beberapa biaya tetap dan biaya variabel dalam membangun sistem.
- Nilai *(Value)* yaitu manfaat yang diperoleh perusahaan saat ini maupun di masa yang akan datang.

Sebuah keputusan dapat dikatakan sudah tepat jika manfaat (*benefit)* lebih besar dibandingkan dengan biaya *(cost).* Tahapan pada *benefit cost anallysis* menurut Lawrence dan Mears (2004) yaitu:

1. Penetapan tujuan analisis seperti menentukan aktivitas atau proyek yang akan dievaluasi.
2. Penetapan perspektif yang akan digunakan seperti identifikasi pemangku kepentingan yang terlibat.
3. Mengidentifikasi biaya dan manfaat dengan memperhitungkan manfaat langsung dan tidak langsung.
4. Menghitung, mengestimasi, mengukur, dan mengkuantifikasi dari biaya dan manfaat.
5. Memperhitungkan jangka waktu yang merupakan nilai pengurang pada masa sekarang dari manfaat dan biaya pada periode masa yang akan datang.
6. Menguraikan keterbatasan dan asumsi.

Benefit Cost Ratio adalah perbandingan antara total nilai manfaat dan total biaya (Lawrence *et al.,* 2004). Apabila BCR ≥ 1, maka keputusan dikatakan layak atau manfaat proyek tersebut lebih besar dari pada biaya yang dikeluarkan. Apabila BCR < 1, maka keputusan dikatakan tidak layak dan keuntungan proyek lebih kecil dari investasi awal. Persamaan 2.7 merupakan perhitungan untuk *benefit cost ratio*.

$$BCR = \frac{Total\ Benefit}{Total\ Cost} \tag{2.7}$$

Pada buku *ISE Engineering Economy* oleh Tarquin *et al.* (2023), apabila terdapat dua alternatif yang akan dibandingkan melalui komponen biaya dan manfaat, dapat menggunakan teknik *incremental benefit cost ratio* (IBCR)*. Incremental benefit cost ratio* dihitung dengan nilai ekuivalen *Present Worth* (PW), *Annual Worth* (AW), atau *Future Worth* (FW). Pada IBCR, jika nilai hasil ΔB/C lebih besar dari sama dengan satu, maka alternatif yang dipilih adalah yang memiliki biaya lebih tinggi. Namun jika hasil kurang dari satu, maka pilih alternatif dengan biaya yang lebih rendah. Kedua alternatif harus diurutkan dari total biaya ekuivalen terkecil hingga paling besar. Persamaan untuk mendapatkan nilai IBCR ditunjukkan pada Persamaan 2.8.

$$IBCR = \frac{\Delta B}{\Delta C} \tag{2.8}$$

$$IBCR = \frac{B_{alternatif\ terbesar} - B_{alternatif\ terkecil}}{C_{alternatif\ terbesar} - C_{alternatif\ terkecil}}$$

dengan:

ΔB = total selisih manfaat dua alternatif

ΔC = total selisih biaya dua alternatif

2.3 Standar dan Kode Etik

Dalam perancangan sistem kerja dan *material handling,* perlu pendekatan yang mengacu pada standar teknis yang digunakan untuk selama penyelesaian masalah.

- ISO 14001:2015, tentang Sistem Manajemen Lingkungan. Standar dari sistem manajemen lingkungan digunakan untuk meningkatkan kesadaran terhadap lingkungan. Klausul 1 tentang ruang lingkup yang membantu perusahaan dalam menentukan batasan dan lingkup sistem manajemen lingkungan yang akan diterapkan dan telah diperhitungkan. Klausul 4 tentang konteks organisasi, sehingga perusahaan perlu memahami faktor internal dan eksternal yang dapat mempengaruhi sistem manajemen lingkungan, mencakup identifikasi pihak berkepentingan, memahami ekspektasi dan memastikan perusahaan telah menjalankan strategi sesuai dengan kebijakan lingkungan global. Klausul 8 tentang operasi, perusahaan harus menjalankan dan mengendalikan proses yang berdampak pada lingkungan seperti pengendalian dan pemantauan proses produksi. Perancangan yang akan dilakukan memperhatikan dampak terhadap lingkungan sehingga dapat meminimalkan limbah dan menggunakan sumber daya secara efisien.
- ISO 9001:2015, Klausul 6.1 tentang Sistem Manajemen Mutu menjelaskan bahwa organisasi perlu mengidentifikasi risiko dan peluang yang dapat mempengaruhi tujuan sistem manajemen mutu dan merencanakan pengendalian untuk meningkatkan efektivitas proses untuk mencegah dampak yang tidak diinginkan. Standar sistem manajemen mutu digunakan untuk menjamin kualitas dan mutu produk hingga sampai ke pelanggan. Perancangan yang akan dilakukan perlu memperhatikan dan menjamin keamanan kualitas produk serta dapat mendukung sistem berkelanjutan.
- Prinsip mengidentifikasi aliran nilai pada *Lean Manufacturing* dapat digunakan sebagai pendekatan perancangan dalam meningkatkan efisiensi sumber daya, termasuk pemborosan seperti *material,* proses, waktu dan energi.
- ISO 6385:2016 tentang *designing work systems,* melibatkan beberapa klausul. Klausul 3.1 tentang ergonomi yang merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dengan elemen lain dalam suatu sistem. Klausul 3.2 tentang sistem kerja, yakni kombinasi satu hingga lebih pekerja dengan peralatan kerja, mesin, lingkungan, pekerjaan, dan organisasi kerja yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu. Klausul 3.5 tentang tugas kerja, yakni serangkaian aktivitas yang dilakukan oleh pekerja untuk mencapai tujuan dalam sistem kerja. Klausul 3.7 tentang beban kerja, tuntutan fisik dan mental, serta organisasi yang berkaitan

dengan pekerja selama melakukan pekerjaan. Sistem kerja melibatkan pekerja dan peralatan, tata letak, dan komponen-komponen lain dalam organisasi. Oleh karena itu, standar ergonomi digunakan dalam perancangan sistem kerja agar pekerjaan dapat dilakukan secara efisien.

- Perancangan Ruang Bergerak Tangan berdasarkan Prinsip Antropometri. Perancangan dimensi ruang bergerak tangan berdasarkan data antropometri operator dengan mempertimbangkan kebutuhan *clearance* agar tangan dapat bergerak dengan nyaman (Purnomo, 2013; Salvendy & Karwowski, 2022).
- Faktor Kelonggaran. Dalam perancangan sistem kerja, ada tahap penetapan waktu standar yang mempertimbangkan faktor kelonggaran dan keterlambatan untuk kebutuhan pribadi dan tidak dapat hindari (Niebel, 1958). Faktor kelonggaran merupakan persentase waktu untuk istirahat, kelelahan, penyesuaian pekerja dengan lingkungan, hingga kebutuhan pribadi.
- Faktor Penyesuaian. Faktor penyesuaian digunakan untuk dalam menghitung waktu kerja normal operator dengan mengukur empat faktor, yakni usaha, keterampilan, kondisi kerja, dan konsistensi. Metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi faktor-faktor tersebut adalah *Westinghouse.*
- Standar Gerakan. Pada saat melakukan pekerjaan, beberapa gerakan dapat termasuk gerakan yang tidak efisien. Analisis gerakan tubuh memiliki tujuan untuk dapat mengurangi atau menghilangkan gerakan yang tidak efisien, sehingga akan mempermudah, mempercepat dan meningkatkan produktivitas dalam bekerja (Niebel,1958). Terdapat 17 gerakan dasar yang digunakan dalam menganalisa yang disebut dengan Therbligs.

Selain menerapkan standar dalam perancangan sistem kerja dan *material handling,* perlu ada kode etik yang akan mengatur perilaku selama perancangan solusi dilakukan.

- UU Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja yang mengatur tentang keselamatan kerja untuk mengikuti prosedur kerja yang diwajibkan perusahaan untuk menghindari risiko kecelakaan kerja.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 yang mengatur tentang kondisi lingkungan kerja untuk mempertimbangkan kondisi area kerja selama perancangan dan setelah solusi diterapkan.
- Pengamatan dan pengambilan data dilakukan dengan jujur, objektif, dan dipertanggungjawabkan dalam setiap tahapan perancangan hingga penerapan.