

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini, dilakukan proses tinjauan pustaka dan pengumpulan dasar teori. Dalam konteks ini, tinjauan pustaka digunakan untuk mencari upaya-upaya yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu untuk menyelesaikan permasalahan serupa. Dalam konteks ini, dasar teori digunakan untuk mengumpulkan teori-teori yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian.

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini, mahasiswa melakukan kegiatan tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian terdahulu. Penelitian-penelitian ini berfungsi sebagai referensi penulis dalam penyelesaian permasalahan yang telah ditetapkan. Proses tinjauan pustaka dilakukan dengan melakukan tinjauan melalui *Google Scholar* dengan kata kunci “Reduksi Biaya Produksi/Jasa/Distribusi” dengan penyaringan untuk mengeluarkan jurnal yang dipublikasikan lebih baru daripada tahun 2020.

Proses tinjauan pustaka untuk bab ini dibagi menjadi 2 bagian besar. Bagian pertama merupakan bagian pemetaan area reduksi biaya produksi yang umumnya digunakan. Pemetaan ini berfungsi untuk memberikan gambaran mengenai pengelompokan area-area biaya produksi yang dapat direduksi. Bagian kedua dari tinjauan pustaka dilakukan dengan mencari contoh dari penerapan reduksi dari tiap area reduksi biaya. Tahap ini berfungsi untuk memberikan contoh mengenai berbagai cara yang telah ditempuh oleh peneliti-peneliti sebelumnya untuk mengurangi biaya produksi.

2.1.1. Tinjauan Pustaka Strategi Reduksi Biaya Produksi pada Perusahaan Industri dan Manufaktur

Untuk memberikan gambaran mengenai area-area yang umumnya ditelaah oleh industri, digunakan referensi area-area perusahaan di mana reduksi biaya produksi dapat diterapkan. Menurut Berk (2010) dalam bukunya yang berjudul “*Cost Reduction and Optimization for Manufacturing and Industrial Companies*”, terdapat 5 area dimana upaya-upaya reduksi biaya produksi dapat dilakukan. Kelima area ini adalah area *labor* atau tenaga kerja, area *material* atau bahan baku, area *process improvement* atau perbaikan pada proses bisnis, area *design* atau perbaikan desain/kemasan dan area *overhead*. Proses tinjauan pustaka pada

subbab ini dilakukan dengan mengelompokkan upaya-upaya reduksi biaya berdasarkan area-area tersebut.

2.1.2. Tinjauan Pustaka Reduksi Biaya Produksi di Area Tenaga Kerja

Area pertama merupakan reduksi biaya produksi dari area *labor* atau tenaga kerja. Menurut Berk (2010), optimasi *labor* atau tenaga kerja merupakan area yang penting untuk melakukan reduksi biaya produksi. Terdapat beberapa strategi yang umum digunakan untuk mengontrol biaya produksi seperti menentukan jumlah staff dengan tepat, mengimplementasikan standar waktu, mengukur efisiensi dan utilisasi pekerja kantor, mengontrol lembur, dan menjadwalkan pekerja dengan efisien.

Penelitian pertama yang mengupayakan pengurangan biaya produksi pada area tenaga kerja dilakukan oleh Darsini dkk. (2021). Pada penelitian ini, dilakukan penelitian untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang tepat untuk area *pressing* pada kegiatan *printing* pada baju *jersey* PT RSI. Penelitian ini menggunakan metode *Workload Analysis* untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang optimal. Menggunakan metode ini, ditemukan bahwa jumlah tenaga kerja berlebih berdasarkan analisis beban kerja. Sehingga, peneliti menganjurkan untuk melakukan reduksi tenaga kerja dari 15 pekerja menjadi 12 pekerja. Penelitian ini tidak mengemukakan biaya yang berhasil direduksi dari upaya ini, tetap dapat disimpulkan bahwa dengan kegiatan pengurangan tenaga kerja ini, tanpa menambahkan biaya-biaya tambahan, berhasil mereduksi biaya produksi.

Penelitian kedua mengenai reduksi biaya produksi dari area tenaga kerja dilakukan oleh Nurdiansyah dan Satoto (2023). Penelitian ini berfungsi untuk menetapkan keputusan untuk menerapkan lembur atau menggunakan tenaga *outsourcing* untuk memenuhi *forecast* permintaan untuk produk pamarut kelapa dan penggiling daging pada UD Rahmad Teknik. Peneliti menggunakan metode *time study* untuk menentukan estimasi waktu yang diperlukan untuk memproduksi kedua produk tersebut dan mengusulkan kebijakan dalam pengambilan keputusan untuk mengoptimalkan biaya produksi. Berdasarkan penelitian ini, ditemukan bahwa waktu standar untuk kegiatan produksi produk pamarut kelapa sebesar 48 menit dan produk penggiling daging sebesar 42 menit.. Menggunakan informasi ini, peneliti mengusulkan untuk menggunakan tenaga *outsourcing* daripada melakukan lembur untuk memenuhi perkiraan permintaan 12 bulan mendatang untuk UD Rahmad Teknik. Menggunakan usulan ini, maka biaya tenaga kerja akan

tereduksi sebesar Rp.480.000 atau sebar 1,25% dari alternatif untuk menerapkan lembur.

Penelitian ketiga yang mencoba untuk melakukan reduksi biaya dari tenaga berasal dari Ning dkk. (2020). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan reduksi biaya dari segi biaya tenaga kerja dengan meningkatkan keakurasian dari perkiraan biaya dengan menggunakan *machine learning*. Penelitian ini menggunakan metode *convolutional neural networks* untuk memperkirakan waktu dan biaya yang diperlukan untuk memanufaktur komponen-komponen tertentu. Penelitian ini menunjukkan bahwa *convolutional neural network* mampu digunakan untuk memperkirakan biaya manufaktur dengan akurasi yang cukup baik yang ditunjukkan dengan nilai *mean absolute percentage error* yang rendah sehingga mengurangi perkiraan waktu manufaktur yang belum diperlukan atau *waste* dalam bentuk waktu yang berlebih untuk pekerjaan.

Penelitian keempat yang mencoba untuk melakukan reduksi biaya dari segi tenaga kerja dilakukan oleh Polgar dkk. (1996). Penelitian ini mengusulkan penggunaan *booklet* untuk mengestimasi waktu permesinan untuk operasi – operasi permesinan tertentu. Pembentukan buku ini didasari oleh observasi atau *time study* dari peneliti dan menghasilkan *booklet* sederhana untuk mengurangi estimasi waktu yang belum diperlukan untuk mengerjakan proses. Penelitian ini belum mengemukakan hasil dari reduksi biaya yang tercapai.

Penelitian kelima yang mencoba melakukan reduksi biaya dari tenaga kerja berasal dari Silalahi dkk. (2022). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan reduksi dari biaya lembur perawat pada Rumah Sakit ABC dengan mengoptimasikan penjawalan perawat. Penelitian ini menggunakan metode *Goal Programming* dengan tujuan untuk meminimasi biaya lembur. Menggunakan metode ini, peneliti berhasil membentuk jadwal yang berhasil mereduksi biaya lembur perawat dari dari sekitar Rp.10.500.000 per periode waktu menjadi sekitar Rp. 100.000 per periode waktu

Penelitian keenam yang mencoba melakukan reduksi biaya dari tenaga kerja berasal dari Fadhilah dkk.(2022). Penelitian ini berfungsi untuk menjadwalkan kembali jadwal tenaga kerja pada bagian *packing* CV Surya Kencana Food. Peneliti ini melakukan penjadwalan ulang menggunakan algoritma TPB atau algoritma *Tibrewala, Philippe and Browne*. Menggunakan algoritma ini, disimpulkan bahwa tidak diperlukan jumlah *shift* seperti yang awalnya

diperkirakan. Menggunakan algoritma ini, berhasil dilakukan reduksi pegawai pada *shift* di *shift* 2 dan 3 pada akhir hari Sabtu dan Minggu dari 21 menjadi 20 pekerja per *shift*. Pengurangan jumlah pekerja ini tidak mengemukakan biaya yang berhasil dikurangi, tetapi pengurangan jumlah pekerja pada *shift-shift* tersebut tentunya mengurangi biaya produksi.

Penelitian ketujuh yang melakukan pengurangan biaya produksi dilakukan oleh Sidik, dkk. (2022). Penelitian ini mencoba menggunakan pendekatan akuntansi untuk mengurangi biaya produksi pada kegiatan produksi kanopi pada UMKM Sinar Terang Awning. Metode yang digunakan merupakan metode *target costing*. Menggunakan metode ini, penelitian ini menetapkan harga jual produk yang kompetitif dengan melakukan survei pasar. Peneliti kemudian melakukan upaya-upaya reduksi biaya dengan melihat komponen-komponen penyusun biaya produksi akhir dan mencari cara-cara untuk menekan biaya produksi pada tiap komponen. Salah satu bentuk penekanan biaya tersebut terdapat pada penekanan biaya tenaga kerja dengan mengubah *vendor* tenaga penjahit dengan *vendor* tenaga penjahit yang lebih murah. Aksi-aksi kumulatif ini berhasil meningkatkan laba produksi sebesar 6%

2.1.3. Tinjauan Pustaka Reduksi Biaya Produksi di Area Bahan Baku/Material.

Area kedua merupakan reduksi biaya produksi dari area *material* atau bahan baku. Menurut Berk (2010), material atau bahan baku bisa menjadi area yang memiliki potensi besar untuk membantu dalam usaha reduksi biaya produksi Beliau menjelaskan bahwa pembelian dari pemasok sering kali bisa mencapai 60% atau lebih dari total biaya organisasi manufaktur. Terdapat beberapa strategi yang dapat digunakan untuk mereduksi biaya produksi dari area ini, seperti memperketat kebijakan *make or buy*, meminimalkan persediaan bahan baku atau barang produksi, meningkatkan utilisasi material, dan memperkuat rantai pasok untuk mengurangi biaya pengadaan.

Penelitian pertama yang dilakukan dalam upaya reduksi biaya dari segi material berasal dari Ningrum (2020). Penelitian ini berfungsi untuk menentukan keputusan *make or buy* produk kue ulang tahun tipe *blackforest* pada Toko Roti Nayra Pekanbaru. Menggunakan metode analisis biaya diferensial, peneliti mencoba untuk memberikan usulan untuk membeli kue tipe ini atau membuat kue tipe ini sendiri dari segi biaya. Menggunakan metode ini, ditemukan bahwa apabila Toko Roti Nayra Pekanbaru memilih untuk membuat roti kue ulang tahun tersebut

sendiri, maka akan terdapat reduksi biaya produksi sekitar Rp.11.000 per kue ulang tahun *blackforest*. Apabila diasumsikan bahwa terdapat 10 penjualan kue tersebut dapat 1 bulan, maka terdapat reduksi biaya produksi sebesar Rp.110.000 per bulan. Ini merupakan salah satu bentuk minimasi biaya produksi dari penetapan kebijakan *make or buy*.

Penelitian kedua yang dilakukan dalam upaya reduksi biaya dari segi material berasal dari Yetrina dkk.(2023). Penelitian ini berfungsi untuk meminimasi biaya persediaan yang dikeluarkan oleh UMKM Pabrik Tahu AL dalam menyimpan material ragi dan kedelai. Peneliti ini menggunakan metode *silver meal heuristic* untuk menentukan kapan perlu dilakukan pemesanan bahan persediaan beserta ukuran dari pemesanan yang perlu dilakukan. Menggunakan metode ini, berhasil dilakukan reduksi pada biaya persediaan dari biaya persediaan per tahun sekitar Rp. 6.500.000 menjadi Rp.6.200.000. Reduksi biaya ini menandakan reduksi biaya sekitar Rp.300.000 per tahunnya atau reduksi biaya sebesar 5% dari biaya persediaan sebelumnya dengan menentukan kapan perlu dilakukan pemesanan material ulang dan berapa jumlah persediaan yang perlu dibeli ulang

Penelitian yang serupa juga dilakukan oleh Lubis dkk. (2022). Pada penelitian ini, dilakukan upaya untuk meminimasi biaya persediaan untuk memproduksi bata *paving* pada Usaha Batu R/A Berlian Jaya. Peneliti ini mencoba untuk menentukan kapan perlu dilakukan pembelian material dan ukuran dari material yang perlu dibeli untuk memproduksi bata *paving* per tahunnya. Menggunakan metode yang sama, *silver meal heuristic*, peneliti berhasil menganjurkan jumlah material pasir *urug*, pasir cor dan semen yang perlu dibeli setiap periode pembeliannya. Menggunakan metode ini, biaya persediaan dapat direduksi dari sekitar Rp 3.500.000 menjadi Rp.2.800.000. Reduksi biaya ini menandakan reduksi biaya sebesar sekitar Rp. 700.000 per tahun atau sebesar 20% dari biaya persediaan awal.

Penelitian keempat yang berusaha untuk mengimplementasikan upaya reduksi biaya dari segi material dilakukan oleh Christi dan Erawan (2020). Penelitian ini berfokus pada UMKM X, sebuah toko penjual mainan. Peneliti menemukan bahwa upaya reduksi biaya dapat dimulai dari mengontrol persediaan mainan yang ada di toko, karena ditemukan masih ada produk-produk yang rusak pada persediaan toko tersebut. Peneliti mengusulkan solusi berupa pembentukan aplikasi sederhana untuk mengontrol persediaan mainan. Menggunakan aplikasi ini,

berhasil dilakukan reduksi pada biaya persediaan dari Rp.1.610.000 menjadi Rp.1.180.000 per tahun. Upaya ini menghasilkan pengurangan biaya persediaan sebesar Rp 430.000 atau reduksi biaya sebesar 26% dari biaya persediaan tahun sebelumnya.. Ini merupakan salah satu bentuk dari upaya reduksi biaya dengan meminimasi material/bahan persediaan untuk mengurangi kemungkinan kerusakan dengan bantuan sistem informasi.

Penelitian kelima yang membahas mengenai upaya reduksi biaya dari segi material/bahan baku berasal dari Sidik dkk. (2022). Seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, penelitian ini berfungsi untuk mengupayakan melakukan reduksi biaya produksi pada kegiatan produksi kanopi pada UMKM Sinar Terang Awning menggunakan *target costing*. Menggunakan metode ini, salah satu usulan yang disampaikan oleh peneliti adalah untuk mengganti *vendor* penjual mata gerinda untuk melakukan reduksi biaya sebesar Rp.4.250 per mata gerinda menjadi Rp.2.590 per mata gerinda. Apabila diasumsikan penggunaan 20 mata gerinda untuk pembuatan produk kanopi kain volume 30 meter, maka biaya untuk membeli mata gerinda dapat direduksi dari Rp.85.000 per produk menjadi Rp. 51.800 per produk. Ini berarti biaya untuk material kanopi kain volume 30 meter berhasil direduksi sebanyak Rp.33.200 atau sebesar 39% dari biaya material sebelumnya.

Penelitian keenam yang mengupayakan untuk mereduksi biaya produksi dari segi material berasal dari Hermanto (2023). Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi biaya produksi pada PT X pada proses bisnis pembekuan ikan. Dengan mengubah desain dari area penyimpanan ikan dengan menambahkan insulator berupa *polyurethane foam*, biaya langsung es yang digunakan pada tahun tersebut berkurang dari sekitar Rp.310.000.000 per tahun menjadi sekitar Rp. 210.000.000 per tahun. Upaya ini merupakan salah satu contoh peningkatan utilisasi material dengan mengubah desain alat bantu dan menghasilkan reduksi biaya sebesar Rp100.000.000 per tahun atau sekitar 33% reduksi biaya dari biaya es tahun sebelumnya.

2.1.4. Tinjauan Pustaka Reduksi Biaya Produksi di Area Perbaikan Proses/*Process Improvement*

Area ketiga merupakan reduksi biaya produksi dari *process improvement* atau bahan. Dalam bukunya, Berk (2010), memberikan beberapa contoh dari penerapan perbaikan di area ini, seperti optimasi aliran kerja, pengurangan waktu

setup, perbaikan pada *material handling*, pengurangan *scrap* dan *rework*, serta peningkatan kebersihan lingkungan kerja dan organisasi secara keseluruhan.

Penelitian pertama yang membahas mengenai upaya reduksi biaya produksi dari segi *process improvement* berasal dari Martinez (2021). Pada penelitian ini, dilakukan upaya untuk mengurangi biaya produksi dari segi *process improvement* dengan mengoptimalkan perpindahan aliran material dari segi perencanaan fasilitas pada PT Tian Tujuh Puluh Utama. Peneliti ini menggunakan metode *Systematic Layout Planning* dan Algoritma *Corelap*. Dengan menggunakan metode ini, peneliti berhasil mengurangi biaya *material handling* dari sekitar Rp. 167.100.000 per tahun menjadi Rp. 166.300.000 per tahun. Reduksi biaya *material handling* ini berhasil mengurangi biaya *material handling* sebesar Rp.800.000 atau sekitar 0,5% dari biaya *material handling* dari tahun sebelumnya. Ini merupakan salah satu contoh dari reduksi biaya produksi dengan optimalisasi aliran kerja fasilitas produksi.

Penelitian kedua yang mencoba untuk melakukan reduksi biaya produksi dari segi *process improvement* dilakukan oleh Ataubakumarwa (2021). Penelitian ini berfokus untuk meningkatkan *process improvement* dengan mengurangi waktu *setup* pada kegiatan *high frequency welding* pada sebuah perusahaan manufaktur pipa baja menggunakan metode SMED atau *Single Minute Exchange of Dies*. Menggunakan metode ini, peneliti berhasil mengurangi waktu *setup* dari sekitar 2.800 menit menjadi sekitar 2.500 menit. Upaya ini menghasilkan reduksi biaya produksi dari sekitar Rp.164.000.000 per tahun menjadi Rp. 159.000.000 per tahun. Menggunakan metode ini, biaya *setup* per tahun berhasil direduksi sekitar Rp. 5.000.000 per tahun atau sekitar 3% dari biaya *setup* pada tahun sebelumnya. Ini merupakan salah satu contoh dari upaya pengurangan biaya produksi dengan mengurangi waktu *setup* pada kegiatan produksi.

Penelitian ketiga yang membahas mengenai upaya reduksi biaya produksi dari segi *process improvement* dilakukan oleh Nugraha (2023). Pada penelitian ini, dilakukan upaya untuk mereduksi biaya produksi dengan mengurangi jumlah produk cacat pada IKM Pak Fauzan. Peneliti melakukan upaya reduksi produk cacat dengan membentuk buku panduan untuk membentuk produk teflon dengan mengubah *tacit knowledge* menjadi *explicit knowledge*. Menggunakan metode ini, terjadi penurunan produk cacat dari 8,05% menjadi 4,02%. Upaya penurunan produk cacat ini menghasilkan penurunan *cost of poor quality* atau biaya produk

cacat dari sekitar Rp. 210.000 menjadi Rp.95.000. Dapat disimpulkan bahwa upaya ini berhasil menghemat sekitar Rp. 115.000 atau 55% dari biaya produk cacat sebelumnya.

Penelitian keempat merupakan salah satu contoh penerapan *process improvement* untuk mereduksi biaya produksi yang dilakukan oleh Gunawan (2023). Penelitian ini menggunakan pendekatan meningkatkan kebersihan lingkungan kerja dengan metode 5S untuk meningkatkan kapasitas produksi perusahaan Niko Frame untuk memproduksi pigura foto. Dengan menerapkan 5S pada area produksi, peneliti berhasil meningkatkan capaian produksi dari 175 pigura per bulan menjadi 201 pigura per bulan tanpa mengeluarkan biaya tambahan untuk area produksi, tenaga kerja maupun alat *material handling*. Penelitian ini tidak mengemukakan biaya yang berhasil direduksi menggunakan metode ini, tetapi meningkatkan kapasitas produksi tanpa menambahkan biaya tentunya mereduksi biaya produksi. Ini merupakan salah satu contoh penerapan upaya peningkatan kebersihan lingkungan yang berimplikasi pada biaya produksi.

Penelitian kelima merupakan salah satu contoh penerapan *process improvement* untuk mereduksi biaya produksi dari segi *material handling* yang dilakukan oleh Ahya (2021). Penelitian ini berfokus untuk mengurangi biaya produksi dengan memberikan alat bantu *material handling* pada proses penanganan abu limbah batu bara pada PT XYZ, sebuah perusahaan farmasi. Peneliti ini mengusulkan pemberian kereta rel penangkut abu limbah untuk mengurangi waktu *material handling*. Menggunakan metode ini, waktu pemindahan limbah berkurang dari 9,2 jam menjadi 3,7 jam. Reduksi waktu ini menghasilkan pengurangan pada biaya *material handling* dari sekitar Rp. 220.000.000 per tahun menggunakan karung menjadi sekitar Rp. 156.000.000 per tahun menggunakan kereta rel pengangkut.

2.1.5. Tinjauan Pustaka Reduksi Biaya Produksi di Area Perbaikan *Design* atau Desain Produk

Area keempat merupakan area *design* atau desain produk maupun pengemasan dari produk. Berk (2010), berargumen bahwa desain dan pengemasan produk berpengaruh secara kuat terhadap biaya produksi. Terdapat beberapa upaya yang dapat ditempuh untuk mereduksi biaya produksi pada area ini, seperti perubahan desain dari produk, pengurangan keketatan toleransi, perubahan material dan perubahan kemasan. Beberapa upaya untuk mengurangi biaya produksi dari segi ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti berikut.

Peneliti pertama yang melakukan upaya pengurangan biaya produksi dari segi ini merupakan Pujianto (2021). Dalam penelitiannya, Pujianto (2021) mencoba untuk melakukan percobaan produksi untuk mengurangi jumlah benang pinggiran berupa *cath cord* pada produk kain tenun PT XYZ. Usaha pengurangan jumlah helai benang *cath cord* dilakukan dengan mengurangi jumlah helai benang *cath cord* yang digunakan secara iteratif hingga produk tidak lolos standar kualitas PT XYZ. Menggunakan metode ini, penggunaan benang *cath cord* bulanan berkurang sebanyak 960 *cone*. Pengurangan benang ini menghasilkan penurunan pada biaya produksi untuk produk tersebut

Penelitian kedua yang melakukan upaya pengurangan biaya produksi dari segi desain produk dilakukan oleh Oktavina (2022). Pada penelitian ini, digunakan pendekatan *design for manufacturing* atau DFM untuk mengurangi biaya produksi untuk memproduksi produk meja makan pada PT X. Menggunakan pendekatan ini, peneliti berhasil melakukan perubahan-perubahan pada material seperti mengubah material dasar kayu jati menjadi kayu balsa yang menghasilkan pada reduksi biaya produksi dari segi material dan tenaga kerja. Reduksi biaya akhirnya terjadi dengan reduksi dari sekitar Rp. 740.000 per meja menjadi Rp. 630.000 per meja. Upaya ini menghasilkan penghematan sebesar Rp.110.000 atau sekitar 14% dari biaya produksi sebelumnya.

2.1.6. Tinjauan Pustaka Reduksi Biaya Produksi di Area *Overhead*

Area terakhir dalam upaya reduksi biaya menurut Berk (2010) dapat dilakukan melalui area *overhead*. Dalam konteks ini, Berk menjelaskan bahwa *overhead* dapat dikategorikan sebagai pengeluaran berupa *overhead* secara umum, biaya transportasi dan biaya inspeksi. Mengingat bahwa reduksi biaya dari segi ini biasanya dilakukan tanpa metode-metode tertentu, sehingga belum terdapat tinjauan pustaka mengenai reduksi biaya dari pendekatan ini. Rekapitulasi dari tinjauan pustaka dapat diakses pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tabel Rekapitulasi Tinjauan Pustaka “Reduksi Biaya Produksi/Jasa/Distribusi”

Nomor	Pengarang dan Tahun	Area Biaya yang Direduksi	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Darsini dkk.(2021)	Tenaga Kerja (Penentuan jumlah <i>staff</i> yang tepat)	Menentukan jumlah pekerja dengan <i>workload analysis</i>	Mereduksi kebutuhan tenaga pekerja dari 15 pekerja menjadi 12 pekerja. Tidak mencantumkan biaya yang berhasil direduksi, tetapi tidak menambah biaya.
2	Nurdiansyah dan Satoto (2023)	Tenaga Kerja (Implementasi standar waktu)	Menentukan keputusan menambah lembur atau menggunakan tenaga <i>outsourcing</i> dengan <i>time study</i>	Memberikan usulan untuk menggunakan tenaga <i>outsourcing</i> yang mereduksi biaya tenaga kerja sebesar Rp.480.000
3	Ning dkk. (2020)	Tenaga Kerja (Implementasi standar waktu)	Mengestimasi biaya dan waktu proses aktivitas manufaktur dengan metode regresi berupa <i>convolutional neural network</i>	Menunjukkan bahwa <i>convolutional neural network</i> dapat digunakan untuk mengestimasi biaya dan waktu manufaktur. Tidak menampilkan biaya yang berhasil direduksi
4	Polgar dkk. (1996)	Tenaga Kerja (Implementasi standar waktu)	Mengusulkan upaya penghematan biaya tenaga kerja dengan membentuk <i>booklet</i> estimasi waktu permesinan	Berhasil memaparkan standar-standar waktu untuk berbagai proses manufaktur. Tidak menampilkan biaya yang berhasil direduksi

Tabel 2.1. Lanjutan Tabel Rekapitulasi Tinjauan Pustaka “Reduksi Biaya Produksi/Jasa/Distribusi”

Nomor	Pengarang dan Tahun	Area Biaya yang Direduksi	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
5	Silalahi dkk. (2022)	Tenaga Kerja (mengontrol lembur)	Menggunakan <i>goal programming</i> dengan tujuan meminimasi biaya lembur untuk menjadwalkan ulang jadwal <i>shift</i> perawat pada rumah sakit ABC	Berhasil mereduksi biaya lembur perawat sebesar Rp. 10.400.000.
6	Fadhilah dkk. (2022)	Tenaga Kerja (menjadwalkan pekerja dengan efisien)	Menggunakan algoritma <i>Tibrewala, Phillipe and Browne</i> untuk melakukan penjadwalan ulang jadwal tenaga kerja bagian <i>packing</i> CV Surya Kencana Food untuk memenuhi target produksi	Berhasil mereduksi jadwal <i>shift</i> pada hari sabtu dan minggu menjadi 20 pekerja per <i>shift</i> . Tidak menampilkan biaya yang berhasil direduksi.
7	Sidik dkk. (2022)	Tenaga Kerja (mengukur efisiensi dan utilisasi)	Menggunakan <i>target costing</i> untuk mengurangi biaya produksi <i>awning</i> pada Sinar Terang Awning.	Menemukan bahwa bisa dilakukan perubahan pada <i>vendor</i> tenaga jahit dengan vendor yang memberikan biaya lebih murah. Berhasil meningkatkan laba produksi sebesar 6%.

Tabel 2.1. Lanjutan Tabel Rekapitulasi Tinjauan Pustaka “Reduksi Biaya Produksi/Jasa/Distribusi”

Nomor	Pengarang dan Tahun	Area Biaya yang Direduksi	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
8	Ningrum (2020)	Material (Memperketat kebijakan <i>make or buy</i>)	Melakukan analisis keputusan <i>make or buy</i> kue ulang tahun tipe <i>blackforest</i> pada Toko Roti Nayra	Mengusulkan untuk membuat (<i>make</i>) kue ulang tahun tipe <i>blackforest</i> sendiri. Berhasil mereduksi biaya penjualan sebesar Rp.11.000 per penjualan kue <i>blackforest</i>
9	Yetrina dkk. (2023)	Material (Meminimalkan persediaan)	Menggunakan metode <i>silver meal heuristic</i> untuk meminimasi biaya produksi dari segi persediaan kegiatan produksi tahu UMKM Pabrik Tahu AL.	Mengusulkan jumlah persediaan yang perlu dibeli dan kapan pembelian persediaan perlu dilakukan. Berhasil menghasilkan reduksi biaya sebesar Rp.300.000 per tahun.
10	Lubis dkk. (2022)	Material (Meminimalkan persediaan)	Menggunakan metode <i>silver meal heuristic</i> untuk meminimasi biaya produksi dari segi persediaan untuk kegiatan produksi bata paving Usaha Batu R/A Berlian Jaya	Mengusulkan jumlah persediaan yang perlu dibeli dan kapan pembelian persediaan perlu dilakukan. Berhasil menghasilkan reduksi biaya sebesar Rp.700.000 per tahu

Tabel 2.1. Lanjutan Tabel Rekapitulasi Tinjauan Pustaka “Reduksi Biaya Produksi/Jasa/Distribusi”

Nomor	Pengarang dan Tahun	Area Biaya yang Direduksi	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
11	Christi dan Erawan (2020)	Material (Meminimalkan persediaan)	Membentuk sistem informasi pada UMKM X untuk mengurangi jumlah persediaan yang rusak.	Berhasil membentuk sistem informasi dan berhasil mereduksi biaya persediaan (dari persediaan yang rusak) sebesar Rp. 430.000
12	Hermanto (2023)	Material (Meningkatkan utilisasi material)	Mengubah desain dari bak penyimpanan ikan pada PT X dengan <i>polyurethane foam</i> untuk meningkatkan utilisasi material es batu pada proses penyimpanan ikan.	Berhasil melakukan perubahan tersebut dan memproyeksikan reduksi biaya sebesar Rp.100.000.000 per tahun.
13	Martinez (2021)	Perbaikan Proses (Perbaikan pada material handling)	Mengusulkan tata letak fasilitas pada PT Tian Tujuh Puluh Utama menggunakan <i>Systematic Layout Planning</i> dan Algoritma <i>Corelap</i> .	Berhasil mengusulkan tata letak fasilitas untuk mereduksi biaya <i>material handling</i> sebesar Rp. 800.000 per tahun.

Tabel 2.1. Lanjutan Tabel Rekapitulasi Tinjauan Pustaka “Reduksi Biaya Produksi/Jasa/Distribusi”

Nomor	Pengarang dan Tahun	Area Biaya yang Direduksi	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
14	Ataubakumarwa (2021)	Perbaikan Proses (Perbaikan pada <i>setup time</i>)	Menggunakan metode <i>single minute exchange of dies</i> untuk mengurangi waktu <i>setup high frequency welding</i> pada perusahaan manufaktur pipa baja.	Mengurangi waktu setup dari 2.800 menjadi 2.500 menit. Berhasil mereduksi biaya produksi sebesar Rp.5.000.000 per tahun.
15	Nugraha (2023)	Perbaikan Proses (Perbaikan pada <i>defect</i>)	Membentuk buku panduan dengan mengubah <i>tacit knowledge</i> menjadi <i>explicit knowledge</i> pada kegiatan produksi IKM Pak Fauzan untuk mengurangi produk defek.	Membentuk buku panduan dan berhasil menurunkan biaya produksi (dengan mengurangi biaya produk cacat) sebesar Rp. 115.000
16	Gunawan (2023)	Perbaikan Proses (Perbaikan pada kebersihan stasiun kerja)	Menerakan 5S untuk meningkatkan kemampuan produksi pigura foto pada usaha Niko Frame tanpa menambah biaya.	Berhasil menerapkan 5S dan menghasilkan peningkatan kapasitas produksi dari 175 pigura per bulan menjadi 201 pigura per bulan.

Tabel 2.1. Lanjutan Tabel Rekapitulasi Tinjauan Pustaka “Reduksi Biaya Produksi/Jasa/Distribusi”

Nomor	Pengarang dan Tahun	Area Biaya yang Direduksi	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
17	Ahya (2021)	Perbaikan Proses (Perbaikan pada <i>material handling</i>)	Penerapan alat bantu untuk mengurangi biaya <i>material handling</i> untuk kegiatan pengangkutan limbah abu pada perusahaan farmasi PT XYZ	Berhasil mengurangi waktu pemindahan abu limbah dari 9,2 jam menjadi 3,7 jam. Berhasil mereduksi biaya produksi dari segi <i>material handling</i> sebesar Rp. 84.000.000 per tahun.
18	Pujianto (2021)	Desain (Perbaikan pada kebutuhan material produk)	Menggunakan percobaan produksi untuk mengurangi jumlah helai benang <i>cath cord</i> yang diperlukan untuk memproduksi produk tenun PT XYZ secara iteratif	Berhasil menetapkan jumlah <i>helaian cath cord</i> yang kurang dari penggunaan helaian awal sehingga mengurangi penggunaan benang <i>cath cord</i> sebanyak 960 <i>cone</i> . Tidak menampilkan reduksi biaya produksi.
19	Oktavina (2022)	Desain (Perbaikan pada kebutuhan material produk)	Menggunakan pendekatan <i>design for manufacturing</i> (DFM) untuk mengurangi biaya produksi untuk menghasilkan produk meja makan PT X.	Berhasil mengurangi dan mengganti beberapa komponen produk meja makan dan mengurangi biaya produksi sebesar Rp.110.000 per meja makan.

2.2. Dasar Teori

Untuk keperluan penelitian ini, digunakan juga beberapa dasar teori. Dasar-dasar teori ini merupakan teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam beberapa metode dalam subbab ini.

2.2.1. Definisi Biaya dan Biaya Produksi

Menurut Giatman & Aliludin (2011) dalam bukunya yang berjudul "Ekonomi Teknik" biaya atau *cost* dapat didefinisikan sebagai semua pengorbanan yang dibutuhkan dalam rangka mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang. Giatman & Aliludin juga menjelaskan bahwa biaya juga dapat dibagi menjadi dua kelompok besar berdasarkan produk. Kedua kelompok besar tersebut adalah biaya fabrikasi atau *factory cost* dan biaya komersial atau *commercial cost*.

Biaya fabrikasi atau biaya produksi dapat didefinisikan sebagai biaya yang berhubungan secara langsung dengan biaya pembuatan produk secara fisik. Biaya fabrikasi atau produksi terdiri dari berbagai komponen, di antaranya adalah komponen biaya bahan langsung, biaya tenaga kerja langsung, biaya bahan tidak langsung, biaya tenaga kerja tidak langsung dan biaya tidak langsung lainnya atau biaya *overhead*.

Komponen biaya bahan langsung dapat didefinisikan sebagai biaya dari segala bahan yang membentuk bagian integral dari produk. Sebagai contoh, biaya bahan langsung dari kegiatan produksi meja berupa besi dan kayu, biaya bahan langsung dari kegiatan produksi kue adalah tepung dan telur, dan seterusnya.

Komponen biaya tenaga kerja langsung dapat didefinisikan sebagai biaya tenaga kerja yang secara langsung mempengaruhi proses produksi. Biaya tenaga kerja langsung pada umumnya terdiri dari biaya gaji karyawan yang dibebankan pada produk atau proses tertentu, sebagai contoh biaya gaji tukang atau operator.

Komponen biaya bahan tidak langsung dapat didefinisikan sebagai biaya dari bahan yang tidak bersifat mutlak keberadaannya dalam suatu produk, tetapi dapat bersifat sebagai bahan pembantu agar kualitas produk menjadi lebih baik. Sebagai contoh, paku dan lem pada pembuatan produk meja kayu, minyak pelumas pada produksi mesin, dan sebagainya.

Komponen biaya tenaga kerja tidak langsung dapat didefinisikan sebagai biaya tenaga kerja yang dibutuhkan untuk mendukung proses produksi di lantai pabrik,

seperti gaji *manager*, pengawas, *cleaning service* dan berbagai tenaga kerja pendukung lain.

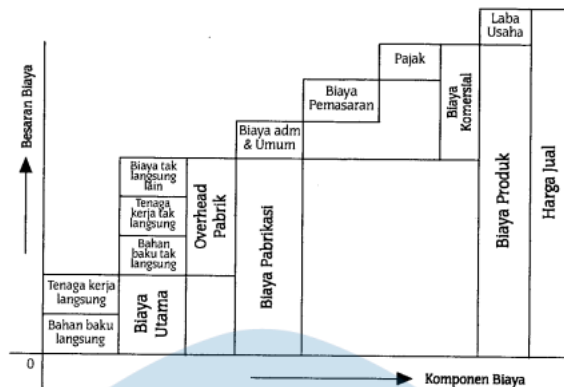
Komponen biaya tidak langsung lainnya atau *fabrication/production overhead cost* dapat didefinisikan sebagai segala biaya yang dikeluarkan dalam rangka proses produksi di luar komponen biaya yang sudah disebutkan sebelumnya. Beberapa contoh biaya tidak langsung seperti biaya sewa peralatan dan fasilitas pabrik, biaya penyusutan peralatan, biaya pemeliharaan fasilitas pabrik, biaya Listrik, dan sebagainya.

Biaya komersial dapat didefinisikan sebagai biaya-biaya yang berada di luar biaya produksi untuk memastikan penjualan produk. Biaya komersial pada umumnya terdiri dari komponen biaya umum dan administrasi atau *general and administration cost*, biaya pemasaran atau *marketing cost* dan biaya *pajak usaha* atau *company tax*.

Komponen biaya umum dan administrasi dapat didefinisikan sebagai biaya yang dikeluarkan untuk kepentingan menjalankan manajemen dan organisasi perusahaan. Beberapa contoh biaya umum dan administrasi di antaranya seperti biaya alat tulis kantor, biaya surat menyurat, biaya fasilitas sarana dan prasarana organisasi, dan sebagainya.

Komponen biaya pemasaran dapat didefinisikan sebagai biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pemasaran produk untuk menunjang kegiatan penjualan produk. Beberapa contoh dari biaya ini di antaranya seperti biaya iklan, promosi, distribusi, dan sebagainya.

Komponen biaya terakhir merupakan komponen biaya pajak usaha. Komponen ini dapat didefinisikan sebagai biaya pajak maupun retribusi yang perlu dikeluarkan untuk kegiatan usaha tersebut. Untuk memberikan visualisasi dari bagaimana tiap komponen biaya ini saling berhubungan, dapat dilihat grafik struktur biaya berdasarkan produknya pada gambar berikut.



Gambar 2.1. Grafik Struktur Biaya Berdasarkan Produknya (Giatman & Aliludin , 2011)

2.2.2. Definisi Upaya Reduksi Biaya dan Strategi-Strategi Reduksi Biaya pada Perusahaan Manufaktur

Menurut Berk (2010) dalam bukunya yang berjudul “*Cost Reduction and Optimization for Manufacturing and Industrial Companies*”, dijelaskan bahwa upaya pengurangan biaya perlu dan bisa dilakukan oleh tiap usaha. Terdapat beberapa area yang dapat difokuskan oleh seorang *stakeholder* untuk melakukan reduksi biaya. Kelima area tersebut adalah area *labor* atau tenaga kerja, *materials* atau bahan baku, *process improvement* atau perbaikan proses, *design* atau desain dan *overhead* atau biaya-biaya tambahan.

Area pertama merupakan reduksi biaya produksi dari area *labor* atau tenaga kerja. Menurut Berk (2010), optimasi *labor* atau tenaga kerja merupakan area yang penting untuk melakukan reduksi biaya produksi. Terdapat beberapa strategi yang umum digunakan untuk mengontrol biaya produksi seperti menentukan jumlah staff dengan tepat, mengimplementasikan standar waktu, mengukur efisiensi dan utilisasi pekerja kantor, mengontrol lembur, dan menjadwalkan pekerja dengan efisien. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa area reduksi biaya dari segi ini merupakan upaya-upaya untuk mengurangi biaya produksi dengan mengoptimalkan kebutuhan tenaga kerja.

Area kedua merupakan reduksi biaya produksi dari area *material* atau bahan baku. Menurut Berk (2010), material atau bahan baku bisa menjadi area yang memiliki potensi besar untuk membantu dalam usaha reduksi biaya produksi Beliau menjelaskan bahwa pembelian dari pemasok terkadang bisa mencapai 60% atau lebih dari total biaya organisasi manufaktur. Terdapat beberapa strategi yang

dapat digunakan untuk mereduksi biaya produksi dari area ini, seperti memperketat kebijakan *make or buy*, meminimalkan persediaan bahan baku atau barang produksi, meningkatkan utilisasi material, dan memperkuat rantai pasok untuk mengurangi biaya pengadaan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa upaya reduksi biaya dari area ini berfokus pada upaya-upaya mereduksi biaya dengan meminimalkan material yang perlu dibeli atau meminimalkan barang hasil produksi yang disimpan.

Area ketiga merupakan reduksi biaya produksi dari *process improvement* atau bahan. Dalam bukunya, Berk (2010), memberikan beberapa contoh dari penerapan perbaikan di area ini, seperti optimasi aliran kerja, pengurangan waktu *setup*, perbaikan pada *material handling*, pengurangan *scrap* dan *rework*, serta peningkatan kebersihan lingkungan kerja dan organisasi secara keseluruhan. Terdapat beberapa penelitian yang mencoba untuk melakukan upaya reduksi biaya produksi dari area ini.

Area keempat merupakan area *design* atau desain produk maupun pengemasan dari produk. Berk (2010), berargumen bahwa desain dan pengemasan produk berpengaruh secara kuat terhadap biaya produksi. Terdapat beberapa upaya yang dapat ditempuh untuk mereduksi biaya produksi pada area ini, seperti pengubahan desain dari produk, pengurangan keketatan toleransi, pengubahan material dan pengubahan kemasan.

Area terakhir dalam upaya reduksi biaya menurut Berk (2010) dapat dilakukan melalui area *overhead*. Dalam konteks ini, Berk menjelaskan bahwa *overhead* dapat dikategorikan sebagai pengeluaran berupa *overhead* secara umum, biaya transportasi dan biaya inspeksi.

2.2.3. Lean Manufacturing Diagnostic Tools (SIPOC Model, 7 Waste, Pareto Analysis, Fishbone Diagram)

Dalam penelitian ini, digunakan berbagai alat bantu untuk mencari dan memvisualisasikan pemborosan. Alat-alat yang digunakan ini dapat dikelompokkan sebagai *diagnostic tools* dari *lean manufacturing*. Menurut Prasad dkk.(2020), *Lean Manufacturing* dapat didefinisikan sebagai filosofi perbaikan terus menerus untuk mengeliminasi pemborosan. Menurut Leksic dkk.(2020), banyak studi telah menunjukkan bahwa implementasi dari *lean manufacturing* dapat meningkatkan performa operasional dalam konteks industri. Terdapat beberapa pendekatan untuk mendefinisikan pemborosan.

Pendekatan pertama yang dapat digunakan untuk memetakan proses bisnis secara sederhana merupakan diagram model *Supplier, Input, Process, Output, Consumer* atau SIPOC. Menurut Brown (2018), Model SIPOC merupakan model yang umum digunakan untuk mengerti keseluruhan proses bisnis dan komponen-komponen yang mempengaruhinya. Model ini terdiri dari 5 data utama, yaitu data *supplier*. Data ini merepresentasikan penyedia *input* masuk bagi proses bisnis perusahaan. Data kedua merupakan data *input*. Data ini merepresentasikan semua hal yang diperlukan proses bisnis untuk menjalankan prosesnya. Data ketiga merupakan data *process*. Data ini menunjukkan tahap-tahap secara langsung yang diperlukan oleh proses bisnis untuk menghasilkan *output* proses bisnis. Data keempat merupakan data *output*. Data ini menunjukkan hasil dari proses bisnis. Data kelima merupakan data *customer*. Data ini menunjukkan penerima dari hasil-hasil tersebut. Sehingga untuk menyimpulkan, model SIPOC merupakan model yang umum digunakan oleh praktisi *lean manufacturing* untuk memberikan gambaran dari proses bisnis beserta seluruh komponen yang mempengaruhi proses bisnis tersebut. Model ini bekerja dengan memanfaatkan kelima data sederhana berupa *supplier, input, process, output* dan *customer*.

Pendekatan berikutnya merupakan pendekatan *7 waste* oleh Taichi Ohno yang kemudian dikembangkan menjadi pendekatan *8 waste*. Menurut Heizer dan Render dalam Adhitya dkk.(2018), ketujuh jenis pemborosan ini dapat didefinisikan sebagai *transportation* atau memindahkan, *inventory* atau persediaan, *motion* atau gerakan, *waiting* atau menunggu, *overproduction* atau produk berlebih, *overprocessing* atau proses berlebih, *defect* atau cacat.

Transportation atau pemborosan berupa pemindahan dapat didefinisikan sebagai pergerakan atau penanganan dari produk yang berlebih dari yang diperlukan. Penanganan yang berlebih ini dapat meningkatkan aktivitas-aktivitas *non value added* dan meningkatkan probabilitas kerusakan produk.

Inventory atau pemborosan berupa persediaan dapat didefinisikan sebagai pembelian bahan material yang berlebih sehingga menyebabkan material menumpuk di area penyimpanan. Beberapa contoh dari pemborosan berupa *inventory* atau persediaan seperti penyimpanan persediaan yang belum diperlukan, pembelian barang-barang dalam ukuran besar yang belum diperlukan, dan sebagainya.

Motion atau pemborosan berupa gerakan dapat didefinisikan sebagai gerakan-gerakan yang dilakukan oleh pekerja yang tidak memberikan nilai tambahan atau *value added* pada kegiatan produksi. Beberapa contoh dari pemborosan dari segi *motion* seperti gerakan pekerja untuk mencari alat bantu, mengambil dan meletakkan alat yang letaknya berjauhan, dan sebagainya.

Waiting atau pemborosan berupa menunggu dapat didefinisikan sebagai pemborosan ketika pekerja atau mesin tidak menjalankan kegiatan produksi karena menunggu. Beberapa contoh dari pemborosan dari segi *waiting* dapat terjadi ketika terdapat gangguan pada mesin sehingga mesin tidak dapat bekerja, terdapat jalur kerja yang tidak seimbang, dan sebagainya.

Overprocessing atau pemborosan berupa proses berlebih dapat didefinisikan sebagai proses tambahan atau aktivitas kerja yang tidak diperlukan. Salah satu contoh dari kegiatan *overprocessing* ini adalah ketika operator mengerjakan pekerjaan dengan lebih teliti daripada toleransi yang telah disampaikan.

Overproduction atau pemborosan berupa produksi berlebih dapat didefinisikan sebagai kegiatan menghasilkan produk yang berlebih dari kebutuhan pelanggan. Beberapa contoh dari pemborosan ini dapat kita lihat ketika sistem produksi menghasilkan produk yang lebih banyak daripada keperluan yang menghasilkan stok barang jadi yang berlebih.

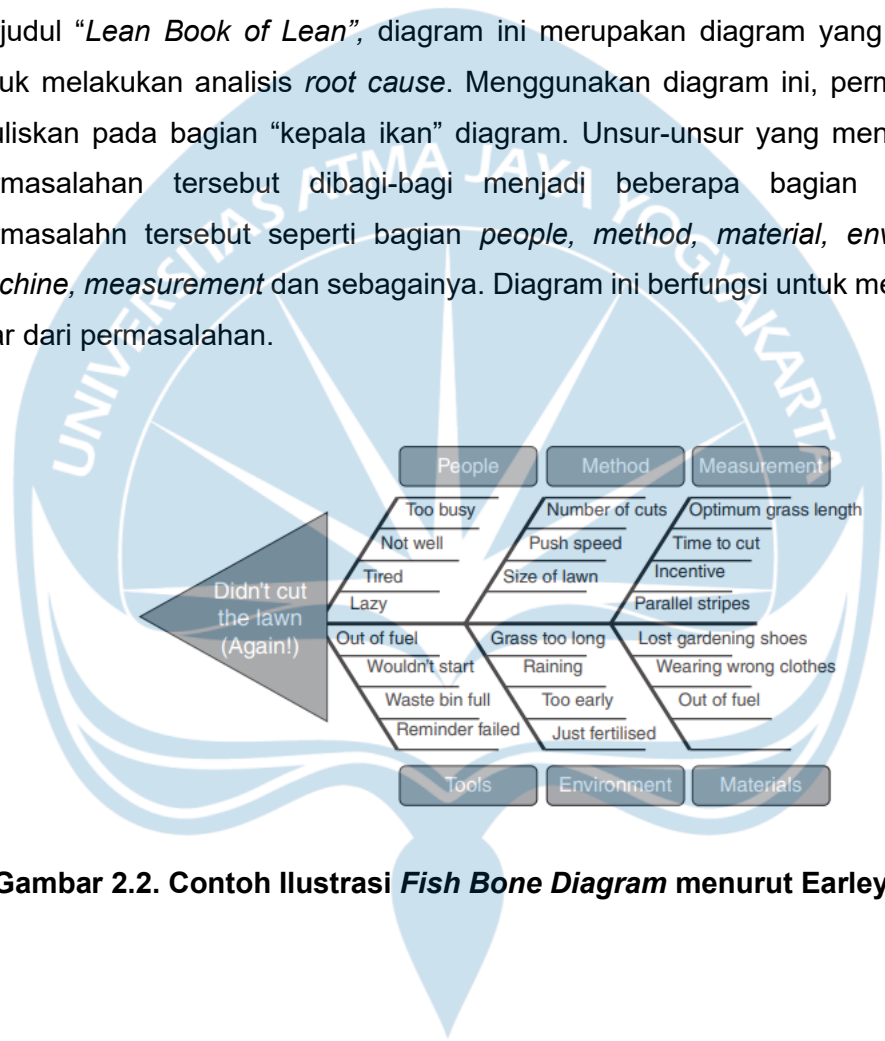
Defect atau pemborosan berupa kecacatan dapat didefinisikan sebagai pemborosan yang terjadi ketika produk harus dikerjakan ulang produk karena tidak memenuhi standar atau pemusnahan produk jadi. Salah satu contoh dari kecacatan ini adalah produk cacat yang ditemukan di lini akhir produksi yang menyebabkan produk untuk kembali ke lini produksi.

Ketujuh jenis pemborosan ini dapat digunakan sebagai *diagnostic tools* untuk mendapatkan gambaran secara umum dari pemborosan yang terjadi di sebuah lini produksi. Untuk memudahkan visualisasi ketujuh jenis pemborosan menurut 7 *waste*, diberikan gambar berikut sebagai alat bantu visualisasi.

Setelah mengetahui jenis-jenis pemborosan yang ada, terdapat juga penjelasan dari berbagai alat bantu yang digunakan. Menurut Prasad (2020), terdapat banyak alat bantu yang dapat digunakan dari pendekatan *lean*, diantaranya seperti *pareto*

analysis dan *cause effect diagram*. Menurut Feld (2001), *pareto* merupakan konsep bahwa persentase kecil dari suatu kelompok memberikan dampak yang besar kepada keseluruhan sistem. *Pareto diagram* merupakan salah satu bentuk alat bantu yang memanfaatkan konsep *pareto* ini.

Alat kedua yang digunakan dalam visualisasi pemborosan berupa *fishbone diagram* atau *Ishikawa diagram*. Menurut Earley (2016), dalam bukunya yang berjudul “*Lean Book of Lean*”, diagram ini merupakan diagram yang berfungsi untuk melakukan analisis *root cause*. Menggunakan diagram ini, permasalahan dituliskan pada bagian “kepala ikan” diagram. Unsur-unsur yang menyebabkan permasalahan tersebut dibagi-bagi menjadi beberapa bagian penyebab permasalahan tersebut seperti bagian *people*, *method*, *material*, *environment*, *machine*, *measurement* dan sebagainya. Diagram ini berfungsi untuk menentukan akar dari permasalahan.



Gambar 2.2. Contoh Ilustrasi *Fish Bone Diagram* menurut Earley (2016)

2.2.4. Metode Pengambilan Keputusan dan Analytical Hierarchy Process

Menurut Hermann (2015) dalam bukunya yang berjudul “*Engineering Decision Making and Risk Management*”, Hermann mendefinisikan *engineering decision making* atau pengambilan keputusan teknik sebagai pengambilan keputusan yang memanfaatkan pengetahuan dari pengambil keputusan untuk merancang produk dan sistem yang dapat menjalankan fungsi yang dibutuhkan sekaligus memenuhi persyaratan tertentu (p2). Terkadang, seorang insinyur atau pengambil keputusan tidak memiliki satu objektif utama atau tidak bisa mengekspresikan bagaimana faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan bisa dihubungkan dengan objektif utama yang ingin dicapai dalam mengambil keputusan. Kondisi ini merupakan contoh konteks dimana diperlukan proses pengambilan keputusan multikriteria.

Terdapat beberapa jenis metode yang dapat digunakan untuk mengambil keputusan multiatribut. Menurut Hermann (2015), beberapa metode formal yang umum digunakan seperti *Pugh Matrix*, *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, *Multicriteria Utility Theory*, *Conjoint Analysis*, dan sebagainya.

Menurut Hermann (2015), *Analytical Hierarchy Process* atau AHP merupakan metode sistematis untuk membandingkan beberapa alternatif dengan atribut-atribut berbeda. Metode ini terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama adalah untuk membentuk matriks *pairwise* untuk setiap atribut atau faktor yang berpengaruh terhadap keputusan. Kemudian ditentukan nilai *eigen* dan jumlah total dari tiap kombinasi atribut. Tahap kedua adalah untuk menilai alternatif-alternatif yang ada berdasarkan atribut-atribut yang telah ditentukan. Pada tahap ini juga dihitung nilai *eigen* dan jumlah total dari tiap kombinasi nilai. Tahap ketiga adalah untuk menentukan nilai akhir untuk menentukan alternatif yang terpilih berdasarkan atribut-atribut. Dalam setiap tahap, dapat dihitung konsistensi menggunakan variabel *Consistency Ration (CR)*. Nilai CR yang berada di bawah 0,1 dapat dikatakan cukup konsisten.

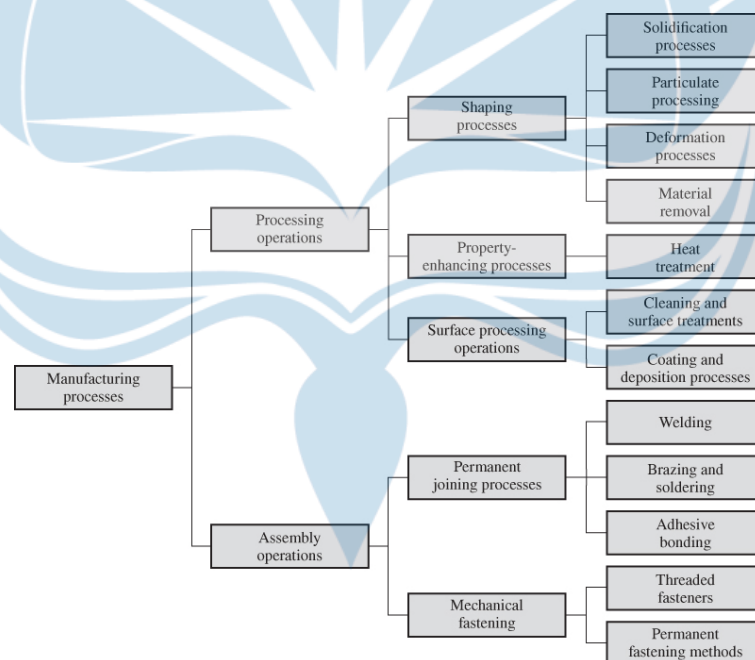
2.2.5. Proses Manufaktur dan Proses Penggajian/Sawing

Menurut Groover (2019), *manufacturing* atau permanufacturan dapat didefinisikan melalui dua perspektif, yaitu perspektif teknologi dan perspektif ekonomis. Melalui perspektif teknologi, kegiatan manufaktur merupakan kegiatan pengaplikasian proses fisik dan kimiawi untuk mengubah geometri, sifat atau tampilan dari sebuah material untuk membuat komponen atau produk. Melalui perspektif ekonomi,

kegiatan manufaktur merupakan kegiatan transformasi material menjadi benda dengan nilai lebih dengan pemrosesan atau penggabungan.

Groover (2019) sendiri membagi proses manufaktur menjadi beberapa kelompok besar. Pembagian kelompok tersebut dapat dibagi menjadi *processing operations* dan *assembly operations*. Dalam konteks ini, *processing operations* atau aktivitas pemrosesan dapat didefinisikan sebagai kegiatan yang mengubah sebuah benda kerja dari suatu keadaan menjadi keadaan yang benda kerja yang lebih menyerupai produk akhir. Sedangkan *assembly operation* atau kegiatan penggabungan merupakan kegiatan penggabungan dua atau lebih komponen untuk membentuk benda baru atau benda akhir.

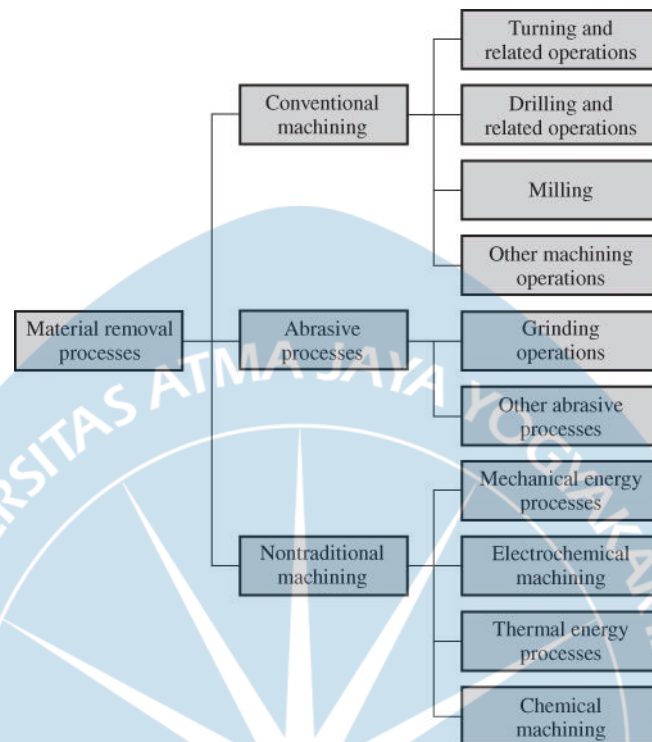
Processing operation sendiri dapat dibagi menjadi beberapa kategori, seperti *shaping processes*, *property enhancing processes* dan *surface processing operations*. Untuk saat ini, dapat dilakukan pemfokusan dari *shaping processes*, terutama pada *material removal* atau pengurangan material.



Gambar 2.3. Diagram Pengelompokan Proses Manufaktur (Groover, 2019)

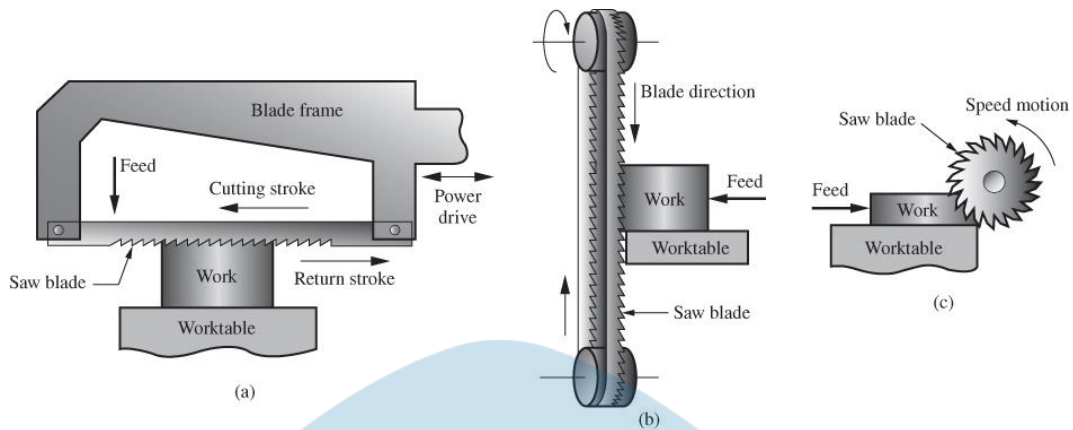
Kegiatan *material removal* dapat didefinisikan sebagai kegiatan pengurangan material dari benda kerja awal untuk menghasilkan bentuk yang diinginkan. Kegiatan *material removal* atau pengurangan material juga dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok yang lebih kecil, seperti proses *conventional*

machining atau permesinan konvensional, *abrasive process* atau proses abrasif dan *nontraditional machining* atau permesinan non tradisional.



Gambar 2.4. Pengelompokan Jenis – Jenis Proses Manufaktur *Material Removal* atau Pengurangan Material (Groover, 2019)

Salah satu dari proses pengurangan material tersebut merupakan proses *sawing* atau penggergajian. Proses penggergajian dapat didefinisikan sebagai proses di mana celah sempit dipotong pada pekerjaan dengan alat yang terdiri dari serangkaian gigi dengan jarak sempit. Proses penggergajian biasanya digunakan untuk memisahkan bagian kerja menjadi dua bagian, atau untuk memotong bagian yang tidak diinginkan. Proses penggergajian sendiri dapat dibagi menjadi 3 jenis penggergajian, yaitu penggergajian *hack saw*, *band saw* dan *circular saw*.



Gambar 2.5. Jenis-Jenis Proses Penggergajian (Groover, 2019)

Proses *hack saw* merupakan jenis proses penggergajian pertama. Proses *hack saw* merupakan proses penggergajian di mana gergaji bergerak secara bolak balik terhadap benda kerja. Metode ini sering kali dianggap kurang efisien karena proses penggergajian terjadi hanya ketika terjadi gerakan maju atau hanya ketika gerakan mundur pada operasi pemotongan. Proses penggergajian *hack saw* dapat dilakukan secara manual maupun menggunakan mesin/*power hacksaw*. Ilustrasi dari proses penggergajian dengan metode *hack saw* dapat dilihat pada ilustrasi pertama pada Gambar 2.5.

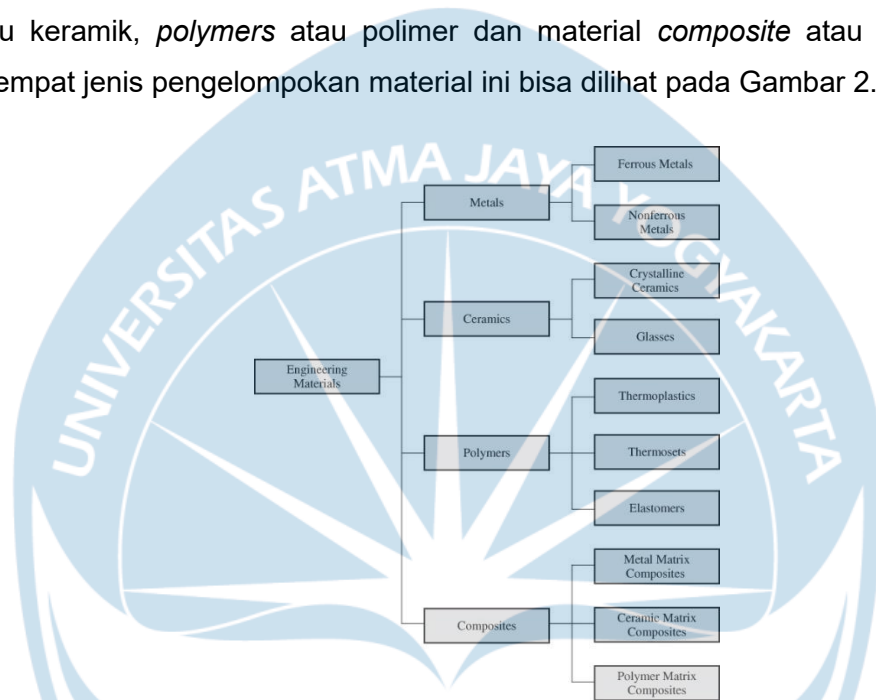
Proses *band saw* merupakan jenis proses penggergajian kedua. Proses *band saw* merupakan proses penggergajian yang melibatkan gerakan kontinu secara linier, menggunakan mata gergaji yang berbentuk pita dengan gigi-gigi di salah satu ujungnya. Proses ini pada umumnya merupakan proses penggergajian yang ditenagai dengan bantuan mesin. Mesin penggergajian *band saw* menggunakan penggerak menyerupai katrol untuk menggerakkan pita gergaji untuk memotong benda kerja. Mesin gergaji *band saw* dapat diklasifikasikan menjadi mesin gergaji vertikal dan horizontal. Mesin gergaji *band saw* vertikal menggerakkan pita gergaji secara vertikal terhadap benda kerja sedangkan mesin gergaji *band saw* horizontal menggerakkan pita gergaji secara horizontal terhadap benda kerja. Ilustrasi dari kegiatan gergaji *band saw* dapat dilihat pada ilustrasi kedua Gambar 2.5.

Proses *circular saw* merupakan jenis proses penggergajian ketiga. Proses penggergajian *circular saw* merupakan proses penggergajian menggunakan mata gergaji berputar untuk memberikan gerakan pemotongan secara kontinu pada benda kerja. Proses penggergajian *circular saw* ini menggunakan *spindle* untuk

memutar mata gergaji dan mekanisme pengumpanan untuk menggerakkan mata gergaji yang berputar ke dalam benda kerja. Ilustrasi dari kegiatan gergaji *circular saw* dapat dilihat pada ilustrasi ketiga Gambar 2.5.

2.2.6. Jenis-Jenis Material dan Sifatnya

Menurut Groover (2019), terdapat 4 jenis pengelompokan material. Keempat jenis pengelompokan material tersebut adalah *metals* atau material logam, *ceramics* atau keramik, *polymers* atau polimer dan material *composite* atau gabungan. Keempat jenis pengelompokan material ini bisa dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Jenis- Jenis Material Menurut Groover (2019)

Material *metals* atau logam merupakan kategori bahan yang umumnya dicirikan oleh sifat keuletan, kelenturan, kilau, serta konduktivitas listrik dan termal yang tinggi. Terdapat beberapa jenis logam, yaitu logam *ferrous* dan *non ferrous*. Kelompok logam *ferrous* sendiri juga bisa dikelompokkan menjadi *steel* atau baja dan *cast iron* atau besi cor. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa pengelompokan logam bisa dibagi menjadi baja (logam *ferrous*), besi cor (logam *ferrous*), logam non *ferrous* dan logam *superalloy*.

Material *ceramics* atau keramik merupakan material yang didasari oleh campuran senyawa logam dan satu atau lebih material non logam. Material keramik dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok, yaitu material keramik tradisional, keramik baru dan kaca.

Material *polymer* atau polimer merupakan senyawa yang terdiri dari molekul berantai panjang, masing-masing molekul terdiri dari unit berulang yang dihubungkan bersama. Polimer dapat dibagi menjadi 2 kategori besar, yaitu kategori plastik dan karet. Contoh dari material yang dalam kategori plastik merupakan material-material *thermoplastic* dan *thermosets*. Contoh material yang berada dalam kategori karet adalah *elastomer*.

Keempat pengelompokan material ini juga memiliki sifatnya masing-masing. Menurut Groover, material pada umumnya dapat memiliki sifat yang berbeda-beda pada aspek. Seperti kekerasan (*hardness*), keuletan (*ductility*), Elastisitas (*elasticity*) dan berbagai indikator sifat mekanis lainnya. Dalam konteks ini, kekerasan dapat didefinisikan sebagai . Keuletan atau *ductility* dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk mengalami regangan plastis tanpa patah. Sedangkan elastisitas dapat didefinisikan sebagai ukuran kekakuan yang melekat pada suatu bahan.

2.2.7. Machine Learning, Algoritma Klasifikasi, Algoritma Regresi

Menurut Plathoththam (2023), Machine Learning dapat membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas dari kegiatan manufaktur. Dalam penelitian ini, digunakan banyak metode untuk *machine learning*. Untuk mendukung dasar-dasar dari *machine learning* ini, dilakukan pengkajian dari definisi *machine learning* sendiri. Menurut Aurélien Geron (2019) dalam bukunya yang berjudul *Hands on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, Machine Learning* merupakan ilmu memprogram komputer agar dapat belajar dari data. Menurut Geron (1997), *machine learning* merupakan area studi yang memberikan komputer kemampuan untuk belajar tanpa pemrograman secara eksplisit. Menurut (), banyak organisasi menggunakan nama *machine learning*, *predictive analytics*, *predictive modeling/data mining* secara bergantian.

Dalam bukunya, Geron menjelaskan bahwa terdapat beberapa area di mana *machine learning* dapat digunakan dengan baik. Area pertama merupakan untuk penyelesaian permasalahan-permasalahan kompleks yang memerlukan penyesuaian – penyesuaian kecil dan aturan-aturan yang banyak dan panjang. Area kedua merupakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan kompleks yang belum memiliki solusi yang jelas. area ketiga merupakan area di mana terjadi fluktuasi dari lingkungan yang menuntut solusi yang senantiasa

berubah. Area keempat merupakan area di mana diperlukan *insight* dari data yang banyak.

Metode – metode *machine learning* sendiri dapat dibagi menjadi beberapa kategori. Untuk keperluan ini, pengelompokan hanya akan dikategorikan berdasarkan peran manusia dalam model dan berdasarkan cara kerja dari metode. Berdasarkan keterlibatan manusia dalam proses *learning* model, terdapat beberapa jenis proses *learning*. Proses *learning* pertama disebut sebagai proses *supervised learning*. Dalam kasus ini, model akan diberikan data-data yang telah diberikan label/nilai penanda data tersebut. Model ini pada umumnya dapat digunakan untuk dua fungsi utama, yaitu fungsi klasifikasi dan fungsi regresi. Fungsi klasifikasi merupakan fungsi di mana model akan mengklasifikasikan suatu data *input* secara kategorik. Fungsi regresi merupakan fungsi di mana model akan memprediksi hasil target numerik berdasarkan *input-input* yang telah diberikan.

Proses *learning* kedua disebut sebagai proses *unsupervised learning*. Dalam proses ini, data *training* tidak diberikan label, sehingga model perlu mempelajari sendiri hubungan antara data tersebut. Terdapat beberapa jenis fungsi dari metode ini. Di antaranya seperti *clustering* atau pengelompokan berdasarkan data-data tertentu, *anomaly detection* atau pendeteksian anomali data, *visualization* dan *dimensionality reduction* dan *association rule learning*.

Menurut Shmueli dkk.(2019) dalam bukunya yang berjudul *Data Mining for Business Analytics : Concepts, Techniques and Applications in Python*, terdapat 10 tahap dalam implementasi proyek *machine learning/data mining*. Tahap pertama adalah untuk membentuk pengertian dari fungsi proyek *data mining/machine learning/predictive analytics*. Tahap kedua adalah untuk memperoleh data yang akan digunakan untuk keperluan analisis. Tahap ketiga merupakan tahap untuk mengeksplorasi, membersihkan dan melakukan pemrosesan data. Tahap keempat adalah untuk mengurangi ataupun melakukan analisis mendalam dari data-data yang ada untuk mengurangi atau menambahkan dimensi data yang diperlukan. Tahap kelima adalah untuk menentukan jenis permasalahan *machine learning/data mining* (permasalahan klasifikasi, prediksi, *clustering*/pengelompokan, dsbnya). Tahap keenam adalah untuk melakukan partisi data apabila permasalahan merupakan permasalahan *supervised*. Pemartisian data pada umumnya mempartisi data menjadi *test data* atau data tes, *training data* atau data pelatihan dan *validation data* atau data validasi. Tahap

ketujuh adalah untuk menentukan teknik atau algoritma yang akan digunakan, misal regresi, *neural network*, dan sebagainya. Tahap kedelapan adalah untuk menggunakan algoritma tersebut untuk menyelesaikan permasalahan. Tahap ini biasanya dilakukan secara iteratif. Tahap kesembilan adalah untuk menginterpretasikan hasil. Tahap kesepuluh adalah untuk menerapkan model.

Setelah mengetahui definisi, jenis-jenis dan tahap-tahap dalam implementasi *machine learning/data mining*, diperlukan metode untuk mengevaluasi performa dari model. Menurut Shmueli (2019), terdapat beberapa cara untuk mengevaluasi performa dari model. Untuk kebutuhan penelitian, digunakan dua cara untuk melakukan penilaian performa model, yaitu menggunakan *mean absolute error* (MAE) dan *root mean square error* (RMSE). Kedua nilai ini akan menunjukkan performa model yang baik apabila nilai dari kedua variabel tersebut lebih rendah daripada penggunaan

Penilaian performa model menggunakan *mean absolute error* merupakan salah satu metode paling sederhana untuk menilai performa model. Metode ini menghitung rata-rata dari selisih atau *error* dari nilai yang diprediksi dengan nilai aktual. Dalam Persamaan 2.1., ditunjukkan cara perhitungan *Mean Absolute Error* secara konvensional. Metode ini terdiri dari variabel n , yang menandakan jumlah data yang terdapat pada *dataset*. Variabel berikutnya merupakan variabel y dan x di mana variabel x menandakan nilai aktual dan nilai y menandakan nilai yang diprediksi.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n} \quad (2.1.)$$




Metode penilaian performa model berikutnya merupakan metode *root mean square error* (RMSE). Metode ini akan memberikan bobot *error* yang lebih besar pada perbedaan antara nilai prediksi yang berjauhan dari nilai aktual karena komponen kuadrat dan akarnya. Persamaan 2.2. menunjukkan cara perhitungan *root mean square error* secara konvensional. Variabel-variabel yang digunakan dalam persamaan 2.2. identik dengan variabel-variabel yang digunakan dalam persamaan 2.1.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{n}} \quad (2.2.)$$

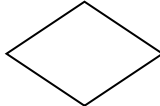



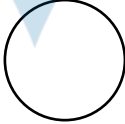
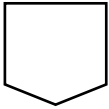
2.2.8. Logika Pemrograman dengan *Flowchart*

Menurut Chauduri (2020), dalam bukunya yang berjudul *Flowchart and Algorithm Basics : The Art of Programming*, sebuah program komputer merupakan serangkaian instruksi berurutan yang ditulis dalam bahasa komputer yang digunakan untuk mengarahkan komputer dalam melakukan tugas komputasi. Pembentukan program komputer atau pemrograman secara umum memiliki fungsi untuk memecahkan permasalahan menggunakan kemampuan komputer untuk memecahkan permasalahan secara akurat dan cepat. Dalam menjalankan fungsi ini, komputer sering kali perlu mendekomposisi cara pemecahan masalah menjadi beberapa tahap yang lebih kecil. Tahap-tahap urutan operasi komputasi dasar untuk mencapai penyelesaian masalah sering kali didefinisikan sebagai algoritma. Namun, pemahaman proses penyelesaian masalah melalui penjelasan deskriptif algoritma terkadang sulit untuk dipahami. Oleh karena itu, diperlukan alat bantu visualisasi untuk memvisualisasikan logika penyelesaian permasalahan. Alat bantu yang sering digunakan ini sering kali disebut *flow chart*. Menurut Chauduri (2020), terdapat beberapa simbol standar yang sering kali digunakan dalam membentuk program *flowchart*.

Tabel 2.2. Simbol dalam Program Flowchart (Chauduri, 2020)

Nama	Simbol	Fungsi
<i>Flow Line</i>		Digunakan untuk menghubungkan simbol
<i>Terminal</i>		Digunakan untuk menunjukkan permulaan atau akhir dari sekumpulan operasi komputer
<i>Process</i>		Digunakan untuk menandakan proses-proses yang dilakukan oleh komputer

Tabel 2.2. Lanjutan Simbol dalam Program Flowchart (Chauduri, 2020)

Nama	Simbol	Fungsi
<i>Decision</i>		Digunakan untuk menunjukkan proses pengambilan keputusan yang perlu diambil untuk melanjutkan tahap-tahapan proses lainnya
<i>Input/Output</i>		Digunakan untuk menandakan informasi masuk/ <i>input</i> maupun informasi keluar/ <i>output</i> pada tahapan-tahapan proses
<i>Predefined Process</i>		Digunakan untuk menunjukkan proses atau sekumpulan proses yang tidak didefinisikan secara khusus dalam <i>flowchart</i> atau diagram alur.
<i>Document Input/Document Output</i>		Digunakan ketika data masuk dari sebuah dokumen atau data keluar ke sebuah dokumen
<i>On-page Connector</i>		Digunakan untuk menyambung bagian <i>flowchart</i> atau diagram alur yang dilanjutkan pada halaman yang sama
<i>Off-page Connector</i>		Digunakan untuk menyambung bagian <i>flowchart</i> atau diagram alur yang berlanjut ke halaman terpisah

2.2.9. Pembentukan GUI dengan *Python* dan *Tkinter*

Dalam membentuk program atau aplikasi, diperlukan bahasa pemrograman. Menurut Perkovic (2015) dalam bukunya yang berjudul *Introduction to Computing Using Python : An Application Development Focus*, dijelaskan bahwa bahasa pemrograman memungkinkan pengguna untuk menulis instruksi dalam bahasa yang dapat dimengerti manusia yang juga dapat diinterpretasikan oleh komputer. Terdapat berbagai jenis bahasa pemrograman, salah satunya merupakan *Python*.

Bahasa pemrograman *Python* merupakan bahasa pemrograman yang pertama dibentuk oleh Guido van Rossum. Menurut Perkovic (2015), terdapat beberapa alasan mengapa bahasa pemrograman *python* menjadi bahasa pemrograman yang populer. Di antaranya adalah kemudahannya untuk dibaca dan *library* yang kaya yang memungkinkan untuk membentuk berbagai macam program.

Menurut Perkovic (2015), GUI atau *graphical user interface* didefinisikan tampilan visual dari susunan berbagai *widget* seperti *buttons*, *labels*, *text entry forms*, *menus*, *check boxes*, *scroll bars*, dan berbagai *widget* lain yang ditampilkan dalam suatu tampilan. Terdapat beberapa alasan mengenai mengapa sebuah program sering kali memerlukan sebuah GUI. Alasan pertama adalah untuk memberikan gambaran yang lebih baik tentang apa yang dilakukan suatu program dan untuk membuat lebih mudah untuk menggunakan program. Salah satu *library* yang umum untuk digunakan dalam membentuk GUI untuk bahasa pemrograman *python* adalah *tkinter*.

2.2.10. Beban Kerja Mental dan Metode Penilaiannya

Menurut Salvendy dan Karwowski (2022), dalam bukunya yang berjudul *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, beban kerja mental atau *mental workload* dapat didefinisikan sebagai alokasi kapasitas pemrosesan oleh operator untuk memenuhi tuntutan tugas dengan menyeimbangkan sumber daya internal dan tuntutan eksternal. Terdapat beberapa cara untuk mengukur beban kerja mental. Namun pada umumnya, metode pengukuran beban kerja mental dapat dieklompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu *paired comparison*, *unidimensional assessment* dan *multidimensional assessment*.

Ketiga metode tersebut dikelompokkan berdasarkan bagaimana tiap metode menghasilkan nilai beban kerja mental pekerjaan. *Paired comparison* merupakan metode untuk melakukan pengukuran beban kerja mental dimana dua tugas

dibandingkan secara relatif untuk menentukan mana yang memiliki beban kerja lebih tinggi. *Unidimensional assessment* merupakan metode penilaian beban kerja yang menggunakan skala secara visual atau pohon keputusan untuk menentukan sebuah angka yang tunggal untuk menilai beban kerja pada pekerjaan tersebut. *Multidimensional assessment* merupakan metode yang menggunakan berbagai skala untuk mendiagnosis sumber beban kerja mental yang kemudian digabungkan untuk menghasilkan penilaian beban kerja mental secara keseluruhan. Salah satu contoh dari penilaian secara *multidimensional* ini merupakan metode penilaian beban kerja mental menggunakan metode NASA-TLX atau NASA *Task Load Index*.

NASA *Task Load Index* merupakan alat penilaian beban kerja mental pekerjaan yang pertama dibentuk untuk keperluan penelitian penerbangan oleh NASA atau *National Aeronautics and Space Administration*. Penilaian beban kerja mental ini menggunakan 6 jenis skala, diantaranya adalah *mental demand*, *physical demand*, *temporal demand*, *own performance*, *effort* dan *frustration*.

2.2.11. Toleransi/Allowance Waktu Kerja

Menurut Groover (2014) dalam bukunya yang berjudul *Work Systems : The Methods, Measurement and Management of Work*, waktu normal merupakan waktu yang diperlukan oleh seorang pekerja yang terlatih untuk menyelesaikan suatu pekerjaan pada performa 100%. Dalam bukunya, Groover (2014) menjelaskan bahwa manusia memerlukan toleransi/waktu kelonggaran dalam mengerjakan tugasnya. Dalam konteks ini, waktu normal yang telah ditambahkan kelonggaran disebut sebagai waktu standar. Menurut Groover (2014), dalam sistem manusia dan pekerjaan manual, diperlukan faktor kelonggaran yang disebut *PFD Allowance*. *PFD Allowance* atau *personal time, fatigue and delay allowance* merupakan faktor kelonggaran yang perlu diberikan kepada operator untuk keperluan pribadi, kelelahan dan penundaan yang tidak terduga. Persamaan untuk waktu standar dalam sistem manusia dan pekerjaan manual tertera pada Persamaan 2.3.

$$T_{std} = T_n (1 + A_{pfd}) \quad (2.3.)$$

Dari persamaan tersebut, variabel "Tstd" melambangkan waktu standar. Variabel "Tn" melambangkan waktu normal dan variabel "Apfd" melambangkan faktor kelonggaran yang dapat diberikan. Menurut Groover (2014), rekomendasi faktor

kelonggaran berada pada angka 0.15-0.20. Groover (2014) juga menjelaskan bahwa terdapat bentuk kelonggaran yang berbeda pada sistem manusia mesin. Pada sistem manusia dan mesin, diperlukan kelonggaran berupa *machine allowance* atau kelonggaran mesin. Kelonggaran ini digunakan untuk menambahkan waktu untuk keperluan persiapan dan pengaturan mesin. Persamaan untuk waktu standar pada sistem manusia mesin dapat dilihat pada Persamaan 2.4. Dalam persamaan tersebut, variabel “ T_{nw} ” melambangkan waktu normal yang diperlukan oleh pekerja untuk melaksanakan bagian manual dari pekerjaan. Variabel “ T_m ” melambangkan waktu siklus yang diperlukan mesin untuk menyelesaikan pekerjaan. Variabel “ A_m ” melambangkan faktor kelonggaran mesin. Groover (2014) merekomendasikan nilai faktor kelonggaran mesin sebesar 0.3.

$$T_{std} = T_{nw} (1 + A_{pfd}) + T_m (1 + A_m) \quad (2.4.)$$