

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

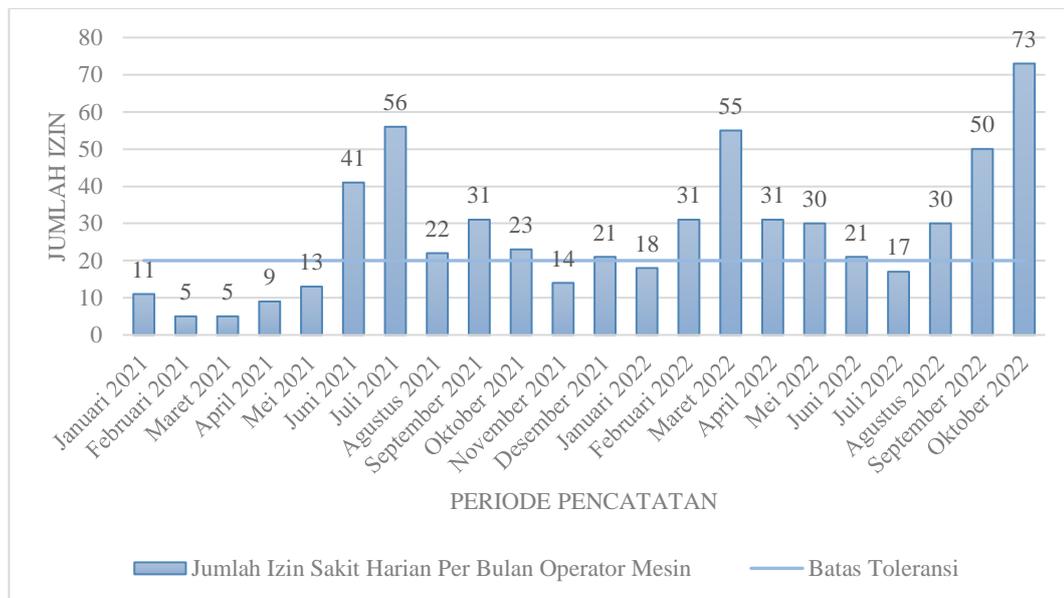
Manufaktur merupakan istilah ekonomi yang bermakna pembuatan produk atau layanan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Produk atau layanan tersebut memiliki nilai dari penerapan pekerjaan fisik atau pekerjaan mental. Proses yang dilakukan untuk membuat produk atau layanan disebut sebagai proses manufaktur. Proses manufaktur mengubah material mentah menjadi produk jadi. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan mesin atau alat permesinan. Contoh media proses manufaktur yaitu *injection molding*, *die casting*, *progressive stamping*, *milling*, *arc welding*, *painting*, *assembling*, *testing*, *pasteurizing*, *homogenizing*, dan *annealing* (Black & Kohser, 2019). Operasi manufaktur dibagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu operasi pemrosesan dan operasi perakitan. Operasi pemrosesan mengubah material dari kondisi awal sebelum diproses menjadi kondisi yang lebih mendekati produk akhir. Operasi perakitan menggabungkan dua komponen atau lebih untuk menciptakan suatu rakitan, sub-rakitan, atau *weldment* (rakitan las) (Groover, 2019).

Proses penghilangan material merupakan suatu kelompok operasi pembentukan produk dengan menghilangkan sebagian material dari benda kerja. Salah satu operasi pembentukan pada kelompok operasi tersebut yaitu permesinan konvensional. Dalam operasi permesinan konvensional, sebuah alat potong digunakan untuk memotong material. Operasi permesinan konvensional yang paling sering digunakan yaitu *turning*, *milling*, dan *drilling* (Groover, 2019). Permukaan benda kerja yang dipotong dengan permesinan logam cenderung menimbulkan *defect* berupa permukaan yang kasar. *Finishing* permukaan kimia dan elektrokimia digunakan untuk menghilangkan *defect* tersebut (Monaca, et al., 2021).

Numerical control (NC) merupakan metode pengendalian gerakan komponen mesin dengan menggunakan instruksi angka atau kode (Black & Kohser, 2019). Gerakan mesin ditentukan dengan serangkaian kode yang mendefinisikan jenis operasi yang ingin dilakukan, lokasi target operasi, serta karakteristik operasi.

Iterasi selanjutnya dari NC yaitu *computer numerical control* (CNC). Mesin CNC menggunakan konsep kontrol umpan balik yang berarti bahwa posisi proses ditentukan menggunakan sensor (Black & Kohser, 2019). Manfaat utama penggunaan mesin CNC yaitu akurasi ukuran yang tinggi dan toleransi ukuran yang digunakan dapat lebih rapat. Dengan demikian, hasil pemotongan dengan mesin tersebut lebih halus daripada mesin konvensional. Akan tetapi, permukaan hasil pemotongan mesin CNC dapat menjadi kasar apabila pengaturan laju makan dan kecepatan potong tidak sesuai (Dezaki, Ariffin, & Ismail, 2020).

PT Yogya Presisi Tehnikatama Industri (YPTI) merupakan perusahaan manufaktur yang berlokasi di Dhuri, Tirtomartani, Kecamatan Kalasan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. PT YPTI terdiri atas tiga divisi utama yaitu divisi *manufacturing* (MFG), divisi *mold making* (MM), dan divisi *injection molding* (IM). Berdasarkan data daftar mesin yang digunakan pada bagian *manufacturing*, jenis mesin CNC yang berjumlah tiga puluh mesin merupakan jenis mesin yang paling banyak dimiliki oleh perusahaan tersebut. Proses permesinan yang dilakukan dengan mesin CNC tersebut berlangsung secara otomatis. Meskipun demikian, operator tetap ditugaskan untuk memasukkan perintah ke pengendali mesin, mengawasi proses permesinan, dan menulis pada *work order*.



Gambar I. 1 Grafik Data Jumlah Izin Sakit Harian Per Bulan Operator Mesin
 Sumber: (Data Perusahaan, 2022)

Total operator bagian manufaktur divisi MFG yang mengoperasikan mesin CNC yaitu 66 orang pada tahun 2021 dan 58 orang pada tahun 2022. Bagian manufaktur divisi MFG PT YPTI menerapkan sistem kerja rotasi dalam menggunakan mesin pemotong logam. Meskipun demikian, jumlah izin sakit harian untuk bulan Juni 2021, Juli 2021, Agustus 2021, September 2021, Oktober 2021, Desember 2021, Februari 2022, Maret 2022, April 2022, Mei 2022, Juni 2022, Agustus 2022, September 2022, dan Oktober 2022 melebihi batas toleransi yaitu 20 hari perizinan sakit per bulan.

Data jumlah izin sakit harian per bulan tersebut ditentukan dengan menghitung berapa hari seorang operator mesin terhitung tidak hadir karena sakit pada data kehadiran tingkat bagian. Data kehadiran tingkat bagian dapat digunakan untuk menentukan kesehatan individu (Nowak, Emmermacher, Wendsche, Döbler, & Wegge, 2022). Dengan demikian, kesehatan individu operator mesin CNC berpengaruh terhadap kehadiran bagian manufaktur khususnya operator mesin.

Observasi langsung terhadap operator mesin CNC dilakukan untuk menentukan apakah tubuh operator menerima beban yang berlebihan ketika bekerja. Operator yang bertugas untuk menjalankan proses permesinan pada mesin CNC memiliki berbagai kendala dalam melaksanakan tugasnya. Operator memiliki waktu istirahat yang terbatas karena perusahaan menggunakan sistem *shift* 8 (delapan) jam. Selain itu, operator tetap harus mengawasi proses permesinan yang terjadi pada mesin CNC. Berikut merupakan gambar operator PT Yogya Presisi Tehnikatama Industri (YPTI) ketika sedang bertugas pada mesin CNC.



(a) Posisi Memasukkan Perintah Ke Pengendali Mesin.

(b) Posisi Mengawasi Proses Permesinan.

(c) Posisi Menulis Pada *Work Order*.

Gambar I. 2 Operator Mesin CNC PT YPTI
Sumber: (Dokumen Pribadi Penulis, 2022)

Berdasarkan observasi peneliti, operator mesin CNC PT YPTI sering berdiri tegak untuk mengawasi jalannya proses permesinan dan memasukkan perintah ke pengendali mesin. Postur tubuh ini menyebabkan beban fisik statis pada telapak kaki yang dapat menyebabkan rasa sakit. Selain itu, operator juga sering membungkuk untuk melakukan aktivitas menulis pada *work order*. Postur tubuh tersebut dapat menyebabkan rasa sakit pada bagian punggung dan leher.

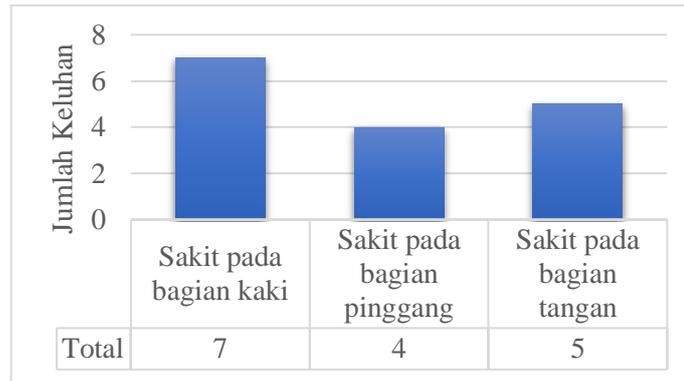
Analisis terhadap kondisi saat ini operator mesin CNC PT YPTI dilakukan berdasarkan perhitungan skor *Quick Exposure Check* (QEC). Perhitungan tersebut dilakukan dengan teknik *sampling* jenis *quota sampling*, jumlah sampel yaitu 3 orang, dan aktivitas yang dilakukan yaitu memasukkan perintah ke pengendali mesin, menulis pada *work order*, dan mengawasi proses permesinan. Masing-masing aktivitas dilakukan oleh 1 orang. Pengukuran dilakukan setelah operator mesin CNC sudah bekerja selama 5 jam.

Tabel I. 1 Data Penilaian QEC

No	Faktor	Skor Per Aktivitas		
		Memasukkan Perintah Ke Pengendali Mesin	Mengawasi Proses Permesinan	Menulis Pada <i>Work Order</i>
1	Punggung	14 (Rendah)	26 (Tinggi)	18 (Menengah)
2	Pundak atau lengan	14 (Rendah)	26 (Menengah)	18 (Rendah)
3	Pergelangan tangan	22 (Menengah)	30 (Tinggi)	22 (Menengah)
4	Leher	10 (Menengah)	18 (Sangat Tinggi)	10 (Menengah)
5	Mengemudi	1 (Rendah)	1 (Rendah)	1 (Rendah)
6	Getaran	1 (Rendah)	9 (Tinggi)	1 (Rendah)
7	Kecepatan kerja	4 (Menengah)	4 (Menengah)	1 (Rendah)
8	Stres	4 (Menengah)	4 (Menengah)	1 (Rendah)

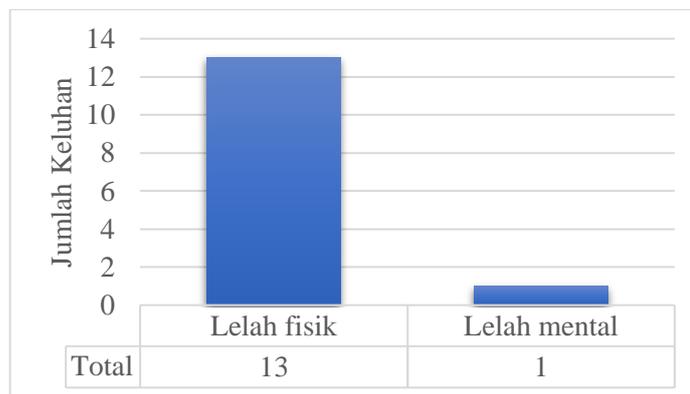
Berdasarkan data perolehan skor QEC, terdapat beberapa bagian tubuh operator mesin CNC yang mengalami beban kerja dengan kategori tinggi dan sangat tinggi. Beban kerja untuk faktor nomor 1 sampai dengan nomor 4 seharusnya berkategori rendah dengan skor masing-masing interaksi di bawah delapan. Dengan demikian, peluang munculnya penyakit otot dan tulang menjadi rendah.

Survei pendahuluan dilakukan untuk menentukan kendala yang dialami oleh operator mesin. Survei dilakukan terhadap 20 operator mesin yang telah mengoperasikan mesin CNC lebih dari 3 jam dalam 1 hari dengan kuesioner yang telah diuji validitas dan reliabilitasnya. Jumlah responden minimal berjumlah 6 orang yang ditentukan berdasarkan ukuran populasi yaitu 58 orang menggunakan teori Gay. Jumlah sampel pada penelitian deskriptif minimal 10 persen dari jumlah populasi (Gay & Diehl, 1992). Responden juga telah bekerja di PT YPTI sebagai operator mesin selama lebih dari 1 bulan. Survei tersebut menghasilkan dua set data yang terkait dengan topik tugas akhir ini.



Gambar I. 3 Grafik Jumlah Keluhan Sakit Berdasarkan Bagian Tubuh Operator Mesin PT YPTI

Data pertama yang didapatkan dari survei pendahuluan yaitu data jumlah keluhan sakit berdasarkan bagian tubuh operator mesin PT YPTI. Berdasarkan set data tersebut, operator mesin merasakan sakit pada dada, kaki, kepala, paha, pinggang, punggung, dan tangan selama bekerja. Bagian tubuh operator mesin yang paling berisiko merasakan sakit berdasarkan jumlah keluhan sakit yaitu kaki dengan jumlah keluhan yaitu 7 keluhan. Berdasarkan penjelasan rasa sakit pada hasil survei, rasa sakit pada kaki disebabkan oleh postur tubuh dan jam kerja operator mesin. Operator mesin bekerja di depan mesin dengan posisi berdiri selama paling tidak 8 jam dalam 1 *shift*.



Gambar I. 4 Grafik Jumlah Keluhan Lelah Berdasarkan Jenis Kelelahan Operator Mesin PT YPTI

Data jumlah keluhan mengenai kelelahan operator mesin terekam pada survei pendahuluan. Dari responden yang ada, terdapat 13 keluhan mengenai kelelahan fisik dan kelelahan mental. Jenis kelelahan yang paling banyak dialami oleh operator mesin PT YPTI yaitu kelelahan fisik. Berdasarkan penjelasan

responden pada hasil survei, hal tersebut disebabkan oleh jam kerja per hari yang panjang dan tidak tersedianya alat untuk beristirahat selama bekerja.

Tabel I. 2 *Gap* Kondisi Saat Ini Dan Kondisi Ideal

No	Faktor	Skor Per Aktivitas Saat Ini			Kategori Skor Ideal
		Memasukkan Perintah Ke Pengendali Mesin	Mengawasi Proses Permesinan	Menulis Pada <i>Work Order</i>	
1	Punggung	14 (Rendah)	26 (Tinggi)	18 (Menengah)	Rendah – Menengah
2	Pundak atau lengan	14 (Rendah)	26 (Menengah)	18 (Rendah)	Rendah – Menengah
3	Pergelangan tangan	22 (Menengah)	30 (Tinggi)	22 (Menengah)	Rendah – Menengah
4	Leher	10 (Menengah)	18 (Sangat Tinggi)	10 (Menengah)	Rendah – Menengah
5	Mengemudi	1 (Rendah)	1 (Rendah)	1 (Rendah)	Rendah
6	Getaran	1 (Rendah)	9 (Tinggi)	1 (Rendah)	Rendah
7	Kecepatan kerja	4 (Menengah)	4 (Menengah)	1 (Rendah)	Rendah
8	Stres	4 (Menengah)	4 (Menengah)	1 (Rendah)	Rendah

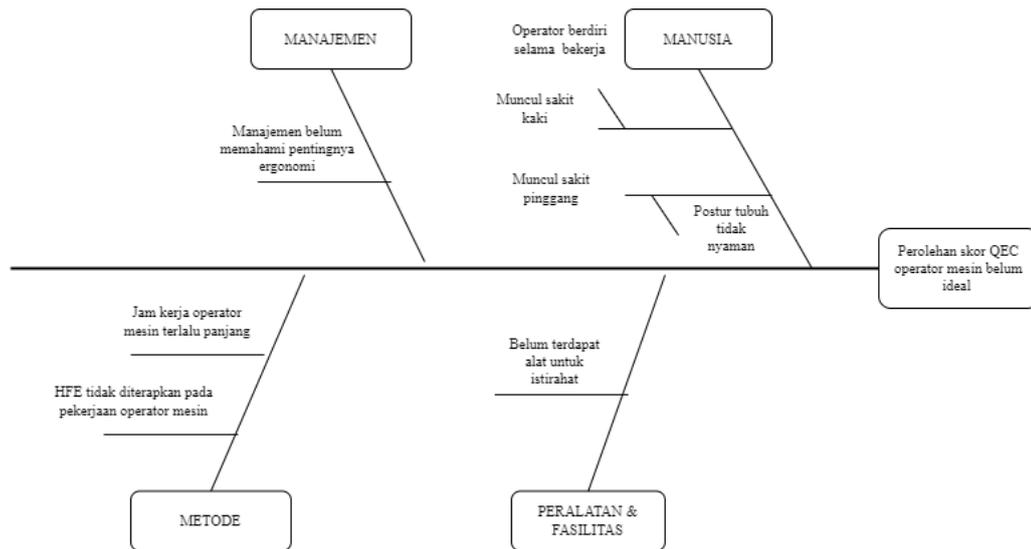
Kondisi ideal dari kehadiran operator mesin bagian manufaktur yaitu kategori skor per aktivitas berada di rentang kategori skor ideal. Hal tersebut dilakukan supaya jumlah izin sakit harian per bulan karyawan bagian manufaktur lebih kecil dari batas toleransi yang telah ditetapkan. Kondisi tersebut dapat diperoleh dengan menyediakan alat bantu untuk memperbaiki posisi dan mengistirahatkan tubuh operator mesin CNC selama bekerja. Oleh sebab itu, penelitian ini dilaksanakan supaya suatu alat istirahat berupa kursi untuk operator mesin CNC PT YPTI dapat dirancang.

Aktivitas operator mesin dengan beban kerja fisik yang berlebihan apabila tidak diperbaiki mengakibatkan kehadiran operator mesin semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh keterkaitan beban kerja fisik dengan kesehatan individu operator mesin. Kesehatan individu operator memengaruhi tingkat kehadiran karyawan (Nowak, Emmermacher, Wendsche, Döbler, & Wegge, 2022). Akibat dari pembiaran tersebut bersifat kumulatif dan berkelanjutan sehingga semakin lama dibiarkan maka semakin intens efek beban kerja fisik pada kesehatan individu operator mesin.

Performa perusahaan dapat diukur dari produktivitas unit kerja yang bertugas untuk menghasilkan produk atau jasa yang dipasarkan. Produktivitas merupakan perbandingan antara keluaran dari suatu unit kerja dengan masukan yang digunakan untuk menghasilkan keluaran tersebut (Hasibuan, 2005). Bagian manufaktur merupakan unit kerja yang bertugas untuk menghasilkan produk berupa *precision part* berdasarkan permintaan klien di PT YPTI. Karyawan bagian manufaktur yang mengerjakan permintaan klien tersebut yaitu operator mesin. Dengan ketidakhadiran operator mesin, masukan (material) tidak dapat diolah untuk menghasilkan keluaran (produk permintaan klien). Oleh sebab itu, jumlah izin sakit harian per bulan perlu dikurangi untuk mempertahankan dan bahkan meningkatkan performa perusahaan.

Berdasarkan saran perlakuan dari metode penilaian, QEC, skor QEC yang belum ideal perlu diperbaiki dengan perubahan metode bekerja atau penggunaan alat bantu kerja. Penggunaan alat bantu kerja digunakan dalam perbaikan postur kerja operator mesin CNC karena opsi dalam perubahan metode bekerja sangat terbatas berdasarkan hasil diskusi dengan pihak perusahaan. Oleh sebab itu, Metode TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving* [terjemahan]) dipilih dalam merancang kursi tersebut dengan pertimbangan bahwa rancangan perlu dihasilkan secepatnya supaya efek negatif permasalahan tidak berkepanjangan. TRIZ merupakan metode pengembangan produk yang difokuskan pada penyelesaian masalah dengan solusi standar berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu. Metode TRIZ terdiri atas *tools* yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ditemui pada proses perancangan dan pengembangan kursi. Basis Data Efek dapat digunakan untuk menentukan cara melakukan peningkatan parameter rancangan kursi. Matriks Kontradiksi digunakan untuk menyelesaikan permasalahan kontradiksi dua parameter teknis yang ingin ditingkatkan pada konsep rancangan kursi sehingga dua parameter teknis tersebut dapat ditingkatkan.

Permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini yaitu beban kerja operator mesin CNC yang berlebihan. Hal tersebut dibuktikan dari perolehan skor QEC yang belum ideal. Akar masalah dari permasalahan tersebut dijabarkan dengan *fishbone diagram* di bawah ini.



Gambar I. 5 Fishbone Diagram Akar Permasalahan

Akar permasalahan dari masalah tugas akhir memiliki karakteristik yang dapat ditelaah. Dari karakteristik tersebut, penulis menemukan beberapa akar masalah yang memiliki potensi solusi yang sama dan sebaliknya. Berikut merupakan tabel daftar alternatif solusi tersebut.

Tabel I. 3 Daftar Alternatif Solusi

No	Akar Masalah	Potensi Solusi
1	Manajemen belum memahami pentingnya ergonomi	Perancangan <i>guideline</i> mengenai penerapan <i>human factors and ergonomics</i> (HFE)
2	HFE tidak diterapkan pada pekerjaan operator mesin	
3	Gerakan yang repetitif	Perancangan kursi ergonomis
4	Postur tubuh tidak nyaman	
5	Belum terdapat alat untuk istirahat	
6	Jam kerja operator mesin terlalu panjang	Perancangan kebutuhan jumlah operator mesin

Perancangan program penerapan HFE dilakukan untuk meningkatkan *awareness* mengenai pentingnya penerapan HFE pada pekerjaan dengan jangka waktu yang panjang. Selain itu, perancangan kursi dan perancangan kebutuhan jumlah operator mesin juga dapat mengurangi beban kerja fisik operator mesin CNC. Kursi yang dirancang diperuntukkan sebagai kursi operator ketika sedang mengawasi operasi permesinan dan memiliki bentuk yang sesuai dengan antropometri operator. Dengan demikian, operator dapat beristirahat dengan nyaman dan mengurangi gerakan yang repetitif. Perancangan kebutuhan jumlah

operator mesin dilakukan supaya jam kerja operator mesin lebih cepat sehingga operator tidak kelelahan bekerja. Berdasarkan analisis dan observasi, peneliti memilih potensi solusi perancangan kursi karena perancangan lain menyelesaikan akar masalah yang lebih sedikit dari perancangan kursi.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, masalah yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan kursi berdasarkan data antropometri, *need statement* operator mesin CNC pada PT YPTI, serta data persyaratan rancangan?
2. Bagaimana peragaan (simulasi) *stress analysis* rancangan kursi menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2022?

I.3 Tujuan Tugas Akhir

Dengan terumuskannya masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini, tujuan penelitian dapat ditentukan. Tujuan dari penulisan karya ilmiah ini sebagai berikut:

1. Merancang kursi berdasarkan data antropometri, *need statement* operator mesin CNC pada PT YPTI, serta data persyaratan rancangan.
2. Melakukan simulasi *stress analysis* rancangan kursi menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2022.

I.4 Manfaat Tugas Akhir

Hasil penulisan karya ilmiah ini dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak. Berikut merupakan pihak-pihak tersebut beserta manfaat yang didapatkan dari penelitian ini:

1. Mahasiswa

Karya ilmiah ini menjadi peluang untuk menerapkan keilmuan Teknik Industri dari kegiatan belajar mengajar untuk

mengatasi permasalahan pada masyarakat dan organisasi khususnya pada perancangan alat bantu mesin CNC.

2. Perusahaan

Karya ilmiah dapat membantu perusahaan dalam meningkatkan keamanan lingkungan pekerjaan dan kesehatan pekerja khususnya di bagian proses permesinan CNC, mengurangi waktu menganggur, dan meningkatkan efisiensi.

3. Pekerja Terkait

Karya ilmiah ini merancang alat yang dapat mengurangi risiko kelelahan dan kecelakaan kerja khususnya pada proses permesinan CNC.

I.5 Sistematika Penulisan

Karya ilmiah ini ditulis dengan menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

Tabel I. 4 Sistematika Penulisan

Judul Bab	Deskripsi
Bab I Pendahuluan	Bab ini berisi latar belakang permasalahan yang dialami oleh operator mesin CNC, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan tugas akhir.
Bab II Landasan Teori	Bab ini berisi teori yang memiliki referensi dari buku bacaan, karya ilmiah yang sudah ada, dan penyebab teori tersebut dipilih sebagai dasar teori karya ilmiah ini.
Bab III Metodologi Penyelesaian Masalah	Bab ini menjelaskan langkah-langkah penelitian yang dilakukan untuk mengumpulkan dan memproses data pada karya ilmiah ini.
Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data	Bab ini berisi deskripsi data yang diperlukan dan cara pengambilannya, penjelasan proses perancangan, dan hasil rancangan kursi.
Bab V Analisis	Bab ini berisi verifikasi dan validasi serta analisis hasil rancangan kursi.
Bab VI Kesimpulan dan Saran	Bab ini berisi kesimpulan yang berdasarkan tujuan penelitian serta saran dan rekomendasi terkait analisis hasil rancangan kursi.