

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Computer numeric control (CNC)

Mesin CNC (*computer numeric control*), secara garis besar CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf), prinsip kerja mesin *milling* adalah alat potong atau *cutter* yang dicengkram *tool holder* berputar, lalu digerakan mengikuti perintah kode numerik, atau digerakan secara manual (Jufrizal dy dkk., 2020) .

Mesin perkakas CNC dilengkapi dengan berbagai alat potong yang dapat membuat benda kerja secara presisi dan dapat melakukan *interpolasi* yang diarahkan secara *numerik* (berdasarkan angka). Parameter sistem operasi CNC dapat diubah melalui program perangkat lunak (*software load program*) yang sesuai. Tingkat ketelitian mesin CNC lebih akurat hingga ketelitian seperseribu millimeter.

2.1.1 Fungsi

Fungsi mesin CNC milling pada industri manufaktur, yaitu

- a. Pemotongan yang akurat: CNC *Machine* berperan dalam melakukan pemotongan dan pengukiran yang sangat akurat pada benda kerja dengan toleransi yang sangat ketat.
- b. Produksi secara massal: CNC *Machine* juga mampu di gunakan dalam skala produksi besar dengan lebih cepat dan efisien.

- c. *Fleksibilitas: CNC Machine* memiliki kemampuan untuk di program guna menghasilkan berbagai bentuk dan ukuran benda kerja secara cepat dan mudah. Sehingga memungkinkan produksi barang secara cepat dan variatif.
- d. *Konsistensi: Fungsi utama dalam mesin CNC* adalah konsistensi produksi, dari segi produk maupun kualitas dan dimesinya. Sehingga dapat menghindari cacat pada barang.(Kawan & lama sejahtera, 2023)

2.1.2 Bagian-bagian mesin CNC Grimme systech



Gambar 2. 1Mesin CNC *grimme systech*(Kepala staff CNC, n.d.)

Berikut komponen utama pada mesin CNC *milling grimme systech* :

1) Panel kontrol utama

Panel kontrol utama pada mesin CNC *grimme systech* berfungsi sebagai *control* saat mesin bekerja, untuk memulai kerja mesin, mengatur kecepatan mesin, tombol darurat, *control on/off* mesin. Pada panel kontrol utama terdapat

juga monitor yang berfungsi menampilkan informasi tentang jam kerja mesin, waktu proses pemotongan (Billy Oktavian, 2023).



Gambar 2. 2 Panel kontrol utama

2) Panel kontrol depan

Panel kontrol depan berfungsi untuk menjalankan program yang telah diinput melalui panel kontrol utama serta memutar meja kerja untuk memulai pemotongan (Kepala staff CNC, n.d.).



Gambar 2.3 Panel kontrol depan

3) *Coolant*

Coolant memiliki fungsi untuk menjadi pemasok pendingin ke permukaan

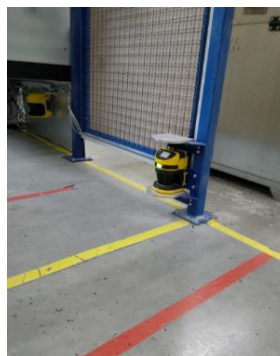
pemotongan atau poros (*spindle*) selama proses permesinan. Di PT X sistem pendingin radiator menggunakan air dan cairan *glicole* yang dapat di tolerir untuk dapat dicampur dengan air adalah 20% -30 % dari air yang dimasukan dalam sistem radiaor, hal itu berfungsi untuk menghilangkan panas yang dihasilkan oleh proses permesinan dan menjaga suhu mesin tetap terkendali (Billy Oktavian, 2023).



Gambar 2. 4 Coolant

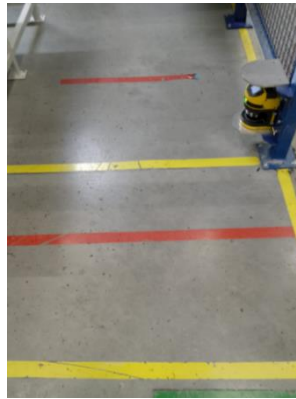
4) Sensor Keselamatan

Sensor Keselamatan pada mesin CNC Berfungsi untuk Menjaga keselamatan pekerja dalam proses produksi. Pada mesin CNC *Grimme systech* tersedia 2 jenis sensor yaitu sensor pada robot dan sensor pada mesin,



Gambar 2. 5 Sensor keselamatan

Jangkauan sensor keselamatan ditandai dengan garis pembatas berwarna, garis kuning untuk zona keselamatan kerja robot, sedangkan untuk garis merah untuk zona keselamatan kerja mesin (Kepala staff CNC, n.d.).



Gambar 2. 6 Zona kerja mesin

5) Kompresor

Kompresor pada mesin CNC *grimme systech* berfungsi untuk mengatur tekanan udara yang masuk pada vakum yang mengikat benda kerja agar tidak bergerak saat proses pemotongan (Billy Oktavian, 2023).

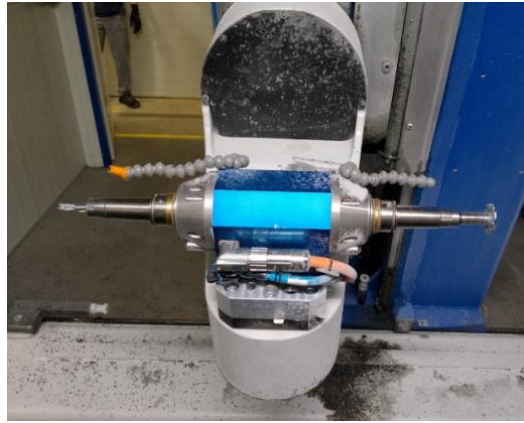


Gambar 2. 7 Kompresor

6) *Spindle*

Spindle adalah bagian dari mesin CNC untuk memegang dan memutar alat potong selama proses proses pemesinan CNC (Billy Oktavian, 2023). Spindle

berfungsi sebagai penggerak utama yang memberikan tenaga dan kecepatan yang diperlukan dalam proses pemesinan.



Gambar 2. 8 *Spindle*

7) *Rail axis*

Rail axis adalah jalur atau jalan yang dibuat lurus melintang sumbu X, Y, Z, A, B. Untuk membawa spindel dan rumah mata bor menuju benda kerja.(Billy Oktavian, 2023).



Gambar 2. 9 Rangka mesin CNC

2.2 Sistem manajemen perawatan mesin

Sistem manajemen perawatan mesin adalah metode kegiatan untuk melakukan perawatan mesin secara terencana dan terarah pada mesin produksi. Perawatan adalah suatu fungsi dalam industri manufaktur yang berperan

sama penting dengan fungsi lain, seperti produksi. Karena untuk menunjang suatu proses produksi yang dibantu dengan mesin atau alat diperlukan adanya pengecekan berkala serta perbaikan (jika diperlukan) sehingga produksi tetap berjalan lancar tanpa adanya hambatan yang timbul akibat dari kerusakan mesin, sehingga kontinuitas produksi dapat terjamin, oleh karena itu diperlukan adanya kegiatan-kegiatan pemeliharaan, seperti pengecekan, perbaikan serta penyesuaian atau penggantian komponen mesin(Nasution dkk., 2021) .

Berdasarkan teori di atas bisa disimpulkan bahwa kegiatan perawatan adalah kegiatan yang dilakukan untuk memelihara mesin serta menjaga mesin agar tetap pada kondisi yang layak pakai sehingga mampu beroperasi secara efektif dan efisien. Perawatan mesin dalam perusahaan merupakan kegiatan yang sangat penting karena peralatan dan mesin yang mempunyai masa pakai, Ketika peralatan sudah habis masanya maka mesin atau peralatan tidak dapat berfungsi dengan baik dan berpotensi mengalami kerusakan yang berdampak pada operasional produksi.

2.2.1 Perawatan mesin CNC *Grimme systech*

Perawatan mesin CNC pada Perusahaan x dibagi menjadi 2 jenis, perawatan pada saat beroperasi, dan perawatan mesin pada saat mesin tidak beroperasi.

- a. Perawatan pada saat mesin beroperasi dapat berupa perawatan harian, mingguan. Tujuannya agar mesin dapat berjalan dengan aman dan efisien.
- b. Perawatan pada saat mesin tidak beroperasi dapat berupa perawatan tahunan, disebut dengan *minor overhaul*, dan *major overhaul* yang merupakan perawatan tahunan.

2.2.2 *Total productive maintenance (TPM)*

Total productive maintenance (TPM) adalah hubungan antara perawatan dan produksi secara menyeluruh yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produksi, mengurangi biaya produksi, serta meningkatkan kemampuan peralatan dan pengembangan dari keseluruhan sistem perawatan pada perusahaan manufaktur (Nasution dkk., 2021).

Secara teori *Total Productive Maintenance* salah satu bentuk usaha perawatan dan peningkatan kinerja peralatan dan perlengkapan kerja agar efektif dan efisien dalam pengoperasiannya, serta meminimalisir kerusakannya, dengan terarah dan terencana. Secara menyeluruh definisi dari TPM mencakup 5 elemen sebagai berikut :

- a) TPM diciptakan dari *preventive maintenance* yang bertujuan untuk memperpanjang penggunaan mesin atau peralatan.
- b) TPM bertujuan untuk memaksimalkan potensi mesin atau peralatan secara keseluruhan (*overall efectiviness*).
- c) TPM bisa digunakan pada berbagai bidang produksi (seperti *engginering*, produksi dan *maintenance*).
- d) TPM menggunakan sumber daya dengan cara mengikutsertakan semua karyawan dan manajemen.
- e) TPM merupakan pengembangan dari sistem *maintenance* berdasarkan *preventive maintenance* dan *production maintenance* melalui manajemen motivasi.

2.2.3 Manfaat *Total productive maintenance* (TPM)

Manfaat dari penggunaan TPM secara sistematis dan terencana pada perusahaan adalah sebagai berikut (Nasution dkk, 2021):

- a) Produktivitas yang meningkat setelah menggunakan prinsip-prinsip TPM karena bisa meminimalisir kerugian-kerugian pada Perusahaan.
- b) Peningkatan kualitas kerja dari mesin atau peralatan dengan metode yang terkonsep dan mengurangi waktu *downtime*.
- c) Produk yang terkirim ke konsumen lebih tepat waktu karena produksi yang lancar tanpa gangguan.
- d) Biaya produksi yang rendah karena kerugian dan pekerjaan yang tidak dapat nilai tambah dapat dikurangi.
- e) Kesehatan dan keselamatan kerja yang lebih baik karena lingkungan kerja yang aman.
- f) Peningkatan motivasi pekerja karena memiliki tanggung jawab proses operasional produksi.

2.3 *Overall equipment effectiveness* (OEE)

Overall equipment effectiveness (OEE) adalah ukuran Tingkat efektivitas pemakaian suatu mesin atau peralatan dengan menghitung ketersediaan mesin, performa mesin dan kualitas produk yang dihasilkan (Dewanti & Putra, 2019).

OEE merupakan cara untuk mengukur efektifitas secara total dari kinerja mesin terhadap pekerjaan yang sudah direncanakan, diukur dari data aktual terkait dengan *availability*, *performance efficiency*, dan *quality of product* (Hidayat Dkk., 2020).

Proses produksi pada perusahaan pastinya menginginkan mesin dan peralatan bekerja maksimal tanpa adanya kerugian signifikan yang disebabkan oleh adanya *downtime*, dan hasil produk yang *reject*. Namun dalam praktiknya hal itu sulit dihindarkan, oleh karena itu Metode OEE digunakan agar Perusahaan dapat menghindari kerugian akibat tidak efisien-nya proses produksi karena kegagalan mesin atau peralatan.

Untuk menghitung nilai OEE berikut rumus perhitungan dari OEE (Dewanti & Putra, 2019) :

$$OEE = Availability\ rate \times Performance\ rate \times Quality\ rate$$

2.3.1 Availability

Availability adalah rasio perbandingan antara *oiperation time* dan *loading time*. Yaitu Dimana keseluruhan waktu sistem tidak beroperasi karena kerusakan alat atau persiapan produksi. Dengan kata lain *availability* di ukur dari total waktu Dimana peralatan dioperasikan setelah dikurangi waktu kerusakan alat dan waktu persiapan mesin. Yang juga mengindikasikan rasio actual antara *operation time* terhadap waktu operasi yang tersedia. Waktu pembebanan mesin dipisahkan dari waktu produksi secara teoritis serta waktu kerusakan dan waktu perbaikan yang di rencanakan.

2.3.2 Performance ratio

Performance ratio diukur sebagai rasio kecepatan operasional secara aktual dari peralatan dengan kecepatan ideal berdasarkan kapasitas mesin. Dengan kata lain *performance rate* adalah indikator yang menunjukkan perbandingan antara produk yang dihasilkan dengan waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi.

Dengan perbandingan tersebut memungkinkan untuk mengetahui berapa banyak produksi yang hilang dalam waktu siklus ideal (*ideal cycle time*).

2.3.3 *Quality rate*

Quality rate difokuskan pada kerugian kualitas berupa banyak produk yang *reject* karena peralatan atau mesin produksi (Dewanti & Putra, 2019). Jadi *Quality rate* merupakan perbandingan antara produk yang di hasilkan dengan produk yang lolos *quality control*. Dengan kata lain *quality rate* menunjukan produk yang bisa diterima per total produk yang di hasilkan. Dan selanjutnya total kerugian tersebut dikonversi kedalam waktu sehingga dapat diketahui seberapa banyak waktu yang dibutuhkan dalam menghasilkan produk yang cacat atau rusak.

2.3.4 Standar nilai *overall equipment effectiveness (OEE)*

Terdapat standar yang telah digunakan secara luas, salah satunya standar OEE yang telah ditetapkan oleh Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM). Berikut standar yang telah ditetapkan (JIPM) :

- a. OEE = 100%, Produksi dianggap sempurna, hanya memproduksi produk tanpa cacat, bekerja dalam *performance* yang cepat, dan tidak ada *downtime*.
- b. OEE = 85% - 99%, Produksi dianggap kelas dunia. Bagi banyak Perusahaan, skor ini merupakan skor yang cocok untuk dijadikan *goal* jangka Panjang.
- c. OEE = 60% - 84%, Produksi dianggap wajar, tapi menunjukan ada ruang yang besar untuk *improvement*. Pada nilai OEE di angka tersebut merupakan angka rata-rata perusahaan.
- d. OEE = 40% - 59%, Produksi dianggap memiliki skor yang rendah, tapi dalam kebanyakan kasus dapat dengan mudah di-*improve* (misalnya dengan

menelusuri alasan-alasan *downtime* dan menangani sumber-sumber penyebab *downtime* secara satu per satu).

Besarnya nilai OEE yang biasanya menjadi target Perusahaan adalah sebesar 85%. Untuk mencapai nilai OEE minimal 85% maka nilai minimal setiap variable perhitungan OEE yaitu (Siahaan & Arvianto, 2019) (devonshire, 2024) :

- 1) *Availability rate* sebesar 90%
- 2) *Performance rate* sebesar 95%
- 3) *Quality of product* sebesar 99%

2.4 Six big losses

Six big losses adalah faktor-faktor yang menjadi sebab ketidakefektifan operasional pada mesin atau peralatan produksi. Rendahnya produktifitas mesin atau peralatan menimbulkan kerugian bagi Perusahaan (Khanza & Nugroho, 2019). Menggunakan mesin atau peralatan seefisien mungkin berarti memaksimalkan kinerja mesin/peralatan produksi dengan tepat guna dan berdaya guna. Maka dari itu Perusahaan perlu focus untuk menghilangkan penyebab kerugian-kerugian yang di dapatkan dengan tujuan agar mesin/peralatan selalu dalam keadaan optimal.

Metode *six big losses* terbagi kedalam 3 kategori (Oktaria,S 2011) :

2.4.1 Downtime Losses

- a. *Equipment failure/breakdown* (Kerugian karena kerusakan peralatan).
- b. *Set up and adjustment* (Kerugian karena persiapan dan pengaturan)

2.4.2 Speed losses (penurunan kecepatan)

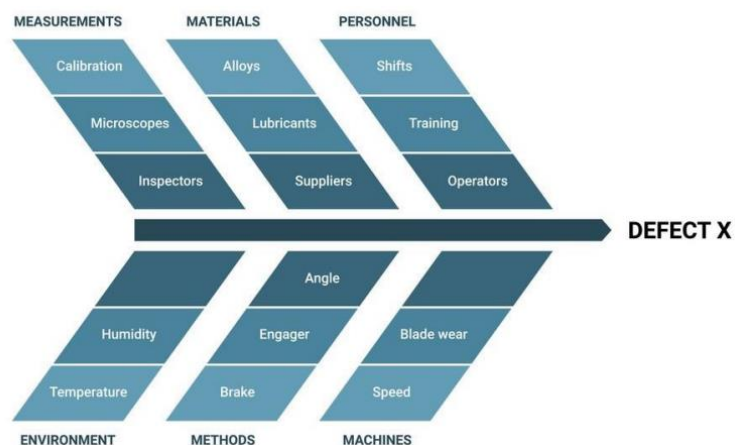
- a. *Idling and minor stoppages* (kerugian karena tidak beroperasi)
- b. *Reduced speed* (kerugiaan karena penurunan kecepatan produksi)

2.4.3 *Deffect losses* (cacat produk)

- a. *Process defect* (kerugian karena produk cacat maupun produk yang di kerjakan berulang)
- b. *Reduced yield losses* (Kerugian waktu dan material yang timbul Ketika penyetelan mesin dilakukan hingga mesin stabil dan menghasilkan waktu yang sesuai)

2.5 *Fishbone* diagram

Fishbone Diagram juga di kenal dengan diagram sebab akibat. Diperkenalkan pertama kali pada tahun 1914 oleh prof. Kaoru Ishikawa. Diagram ini berguna untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang menjadi penyebab masalah. *Fishbone* diagram menggambarkan garis-garis dan simbol-simbol yang menunjukan sebab akibat dari suatu masalah yang nantinya diambil tindakan untuk perbaikan (Oktaria, 2011). Manfaat *fishbone* diagram dapat menemukan akar masalah dari penyebabnya dengan menganalisa dan mengidentifikasi melalui *brainstorming*.



Gambar 2. 10 Contoh diagram *fishbone*

Selain itu diperlukan juga analisis lebih detail dari suatu masalah untuk

mengidentifikasi permasalahan tersebut, agar tidak terjadi kesalahan hasil identifikasi maka perlu diperhatikan 5 faktor penyebab utama yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Tenaga kerja (*Manpower*)
2. Metode kerja (*Work method*)
3. Mesin dan peralatan kerja (*Machine and equipment*)
4. Bahan baku (*Raw material*)
5. Lingkungan kerja (*Work environment*)