

LAPORAN PENELITIAN



ANALISIS BEBAN KERJA OPERATOR PRODUKSI UNTUK MENGURANGI KELELAHAN POSTUR TUBUH MENGGUNAKAN METODE *MUSCULOSKELETAL* DI PT. KOYO JAYA INDONESIA

TIM PENELITIAN

Ir. Japinal Sagala, MM (Ketua)
Heri Budiyanayah (Anggota)

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

Alamat : Kampus UNKRIS Jatiwaringin P.O Box 774/Jat.CM
Tel. (021) 84998529 Fax : (021) 94998529

JAKARTA 13077

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN

1. Judul Penelitian : Analisis Beban Kerja Operator Produksi Untuk Mengurangi Kelelahan Postur Tubuh Menggunakan Metode *Musculoskeletal* di PT. Koyo Jaya Indonesia
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Ir. Japinal Sagala, MM
 - b. NIDN : 0306086102
 - c. Jabatan Fungsional : Lektor
 - d. Program Studi : Teknik Industri
 - e. Jurusan : Teknik Industri
3. Jumlah Anggota Peneliti
 - a. Nama Anggota I : Heri Budiyanayah
 - b. NIM : 1670031042
4. Lokasi Penelitian : PT. Koyo Jaya Indonesia
5. Jumlah biaya yang disetujui
 - a. Biaya dari FT Unkris : Rp.5.000.000,-
 - b. Dan institusi lain : -
6. Lama Penelitian : 3 bulan

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Harjono Padmono Putro, S.T., M.Kom

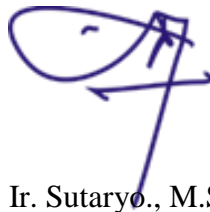
Jakarta, 18 Agustus 2020

Ketua Peneliti



Ir. Japinal Sagala, MM

Menyetujui,
Ketua Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P2M)



Ir. Sutaryo., M.Si

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan YME yang telah memberikan rahmat kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan penelitian.

Dalam penulisan ini sering kali peneliti mendapatkan hambatan, namun berkat bimbingan, bantuan dan dorongan semangat dan motivasi dari berbagai pihak yang langsung maupun tidak langsung kepada peneliti yang pada akhirnya dapat menyelesaikan penelitian ini, peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Dekan Fakultas Teknik beserta para wakilnya yang telah banyak memberikan bantuan dana penelitian sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
2. Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (PPM) Fakultas Teknik yang telah memberikan dan membantu peneliti selama proses penelitian.
3. Ketua Program Studi Teknik Industri yang telah banyak membantu dalam proses pengajuan proposal penelitian.
4. Rekan-rekan dosen di Fakultas Teknik dan segenap staff serta semua pihak yang telah membantu penelitian.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih jauh dari sempurna, untuk itu peneliti sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif, sehingga penelitian ini dapat diterima sesuai dengan tujuannya.

Jakarta, 18 Agustus 2020

Penulis

ABSTRAK

Beban kerja merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam mengelola sumber daya manusia. Beban kerja yang berlebihan menyebabkan kelelahan karyawan dan mengakibatkan tingginya tingkat absensi karyawan. Perubahan suatu perancangan meliputi tiga komponen penting yang ada di ergonomi yaitu manusia, mesin dan lingkungan tempat kerja. Penelitian ini dilakukan di PT. Koyo Jaya Indonesia tepatnya di departemen Product Component Plant (PCP) produksi Plastic Tank. Dalam proses produksi ada sedikit masalah yaitu terjadinya postur tubuh operator yang tidak seimbang pada saat bekerja, sehingga operator tersebut mengalami tingkat kelelahan yang tinggi dan bisa menyebabkan cedera pada bagian otot (*musculoskeletal*). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perancangan sistem kerja yang lebih ergonomis untuk mengurangi tingkat kelelahan tersebut melalui mendesain ulang layout posisi operator saat bekerja agar operator tersebut bisa mengurangi tingkat kelelahan dan meningkatkan produktivitas. Beberapa metode dasar yang akan dijadikan dalam melakukan suatu perbaikan sistem kerja yang baru, pengukuran denyut jantung, konsumsi oksigen, dan tekanan darah menggunakan *smartwatch*, analisa RULA menggunakan *software* Catia V5R19 dan metode REBA sebagai dasar menganalisa postur kerja operator. Dengan posisi kerja yang sudah dilakukan perbaikan mendapat hasil peningkatan produktivitas sebesar 26 Pcs/hari dan 2,83%.

Kata Kunci : Beban kerja, *Musculoskeletal*, Ergonomi, Catia V5R19, Produktivitas.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI.....	v
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	9
BAB II	11
LANDASAN TEORI.....	11
2.1 Definisi Ergonomi.....	11
2.2 Tujuan Ergonomi	11
2.3 Konsep Keseimbangan Dalam Ergonomi	12
2.4 <i>Musculoskeletal</i>	13
2.5 Kerja Otot Statis dan Dinamis	17
2.6 <i>Nordic Body Map (NBM)</i>	17
2.7 Definisi <i>Rapid Upper Limb Assesment (RULA)</i>	19
2.8 Definisi <i>Rapid Entire Body Assesment (REBA)</i>	22
2.9 Produktivitas.....	33
2.10 Perhitungan Waktu.....	35
2.11 Faktor Penyesuaian dan Kelonggaran (<i>Allowance</i>)	35
2.12 Beban Kerja	38
2.13 <i>Software CATIA</i>	48
2.14 Uji Kecukupan dan Keseragaman Data.....	57
BAB III.....	60
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	60
3.1. Gambaran Umum Perusahaan	60
3.2. Pengumpulan Data.....	69
3.3. Pengolahan Data.....	75
BAB IV	149
ANALISA HASIL PENGOLAHAN DATA	149

4.1 Analisa Tingkat Kelelahan	149
BAB V.....	156
KESIMPULAN DAN SARAN	156
5.1 Kesimpulan	156
5.2 Saran.....	157
DAFTAR PUSTAKA	158

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

PT. Koyorad Jaya Indonesia adalah perusahaan yang bergerak di bidang komponen otomotif, yang menghasilkan produk didepartement Product Component Plant (PCP) diantaranya adalah pembuatan P-Tank, Hybrid Plate, Alumunium Plate dan Alumunium-Bras Tank. Proses pembuatan P-Tank adalah melalui mesin injeksi, mesin heater mold, memasang moal ding ke mesin injeksi JSW 650, penggilingan tank. Proses pencetakan injection, proses pemotongan tank dan barry sampai proses terakhir delivery. Proses pembuatan Hybrid dan Alumunium Plate adalah mengambil schedule produksi sambil check kembali material yang tersisa dimesin, proses penggantian cassette forming, penempatan coil ke uncoil, setting mesin fin 9,5 setting mesin TP 10&11, setting mesin fin TP 10B: 9,20;10,5;9,5CD;8,6, pengoperasian mesin fin ini dilakukan guna memastikan mesin benar sesuai dengan settingan, pengecekan hasil prpduksi fin, prses repair fin dan delivery. Sebagian besar aktivitas produksi dilakukan dengan mesin moal ding dengan kapasitas yang berbeda-beda. Aktivitas kerja operator produksi yang berulang-ulang dapat berisiko keluhan sakit atau cedera yang dapat mengakibatkan tidak efektifnya pada saat bekerja. Hal ini menunjukkan bahwa postur tubuh, tempat kerja akan menyebabkan dampak negative, seperti waktu pengerjaan yang lama, terjadinya produk cacat, dan timbulnya kecelakaan pada saat bekerja.

Keluhan pada bagian otot skeletal yang dirasakan operator mesin injeksi mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. seperti sakit pada leher, sakit pada bahu, sakit pada tangan, sakit pada pinggang, sakit pada kaki bagian atas dan sakit pada kaki bagian bawah. Apabila otot menerima beban statis secara terus menerus dan berulang dalam waktu yang lama, akan menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan ini yang biasanya diistilahkan dengan keluhan *musculoskeletal* yang pada akhirnya menyebabkan *musculoskeletal disorder (MSDs)* atau cedera pada sistem musculoskeletal. Secara garis besar keluhan otot yang dialami operator mesin injeksi terdapat keluhan sementara (*reversible*) dan keluhan menetap (*persisrment*).

Dari latar belakang diatas faktor yang menyebabkan keluhan operator produksi mesin injeksi dan postur tubuh yang tidak sesuai, pekerjaan secara penuh oleh manusia sehingga karyawan operator mesin injeksi berpotensi mengalami keluhan *musculoskeletal*. Oleh sebab itu penelitian ini ingin meneliti dan menganalisis metode dan postur tubuh untuk mengurangi risiko keluhan *musculoskeletal disorder* pada akhirnya bisa terjaga produktivitas perusahaan.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, penulis dapat merumuskan identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Banyak keluhan-keluhan pada bagian operator mesin injeksi.
2. Faktor dari keluhan yang menyebabkan tidak optimal hasil pekerjaanya.
3. Waktu jam kerja dan waktu jam istirahat yang berbeda-beda.
4. Output dari operator mesin injeksi tidak tercapai.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian identifikasi masalah diatas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apa saja keluhan-keluhan yang terjadi pada operator mesin injeksi ?
2. Faktor apa saja yang menyebabkan tidak optimal hasil pekerjaanya ?
3. Bagaimana mengukur waktu jam kerja dan waktu jam istirahat yang berbeda-beda ?
4. Bagaimana hasil output operator mesin injeksi yang diinginkan agar tercapai ?

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis keluhan-keluhan operator mesin injeksi.
2. Menentukan faktor-faktor penyebab beban kerja yang tidak optimal.
3. Menentukan lama waktu kerja dan waktu istirahat operator mesin injeksi.
4. Menentukan produktivitas operator mesin injeksi yang standar.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui keluhan-keluhan apa saja yang terjadi pada operator mesin injeksi tersebut merupakan keluhan *musculoskeletal*.

2. Dapat menentukan faktor-faktor penyebab beban kerja yang optimal.
3. Dapat mengetahui lama waktu kerja dan waktu istirahat operator mesin injeksi.
4. Dapat mengetahui postur tubuh yang menjadi dasar kelelahan musculoskeletal untuk operator mesin injeksi.

1.5 Batasan Penelitian

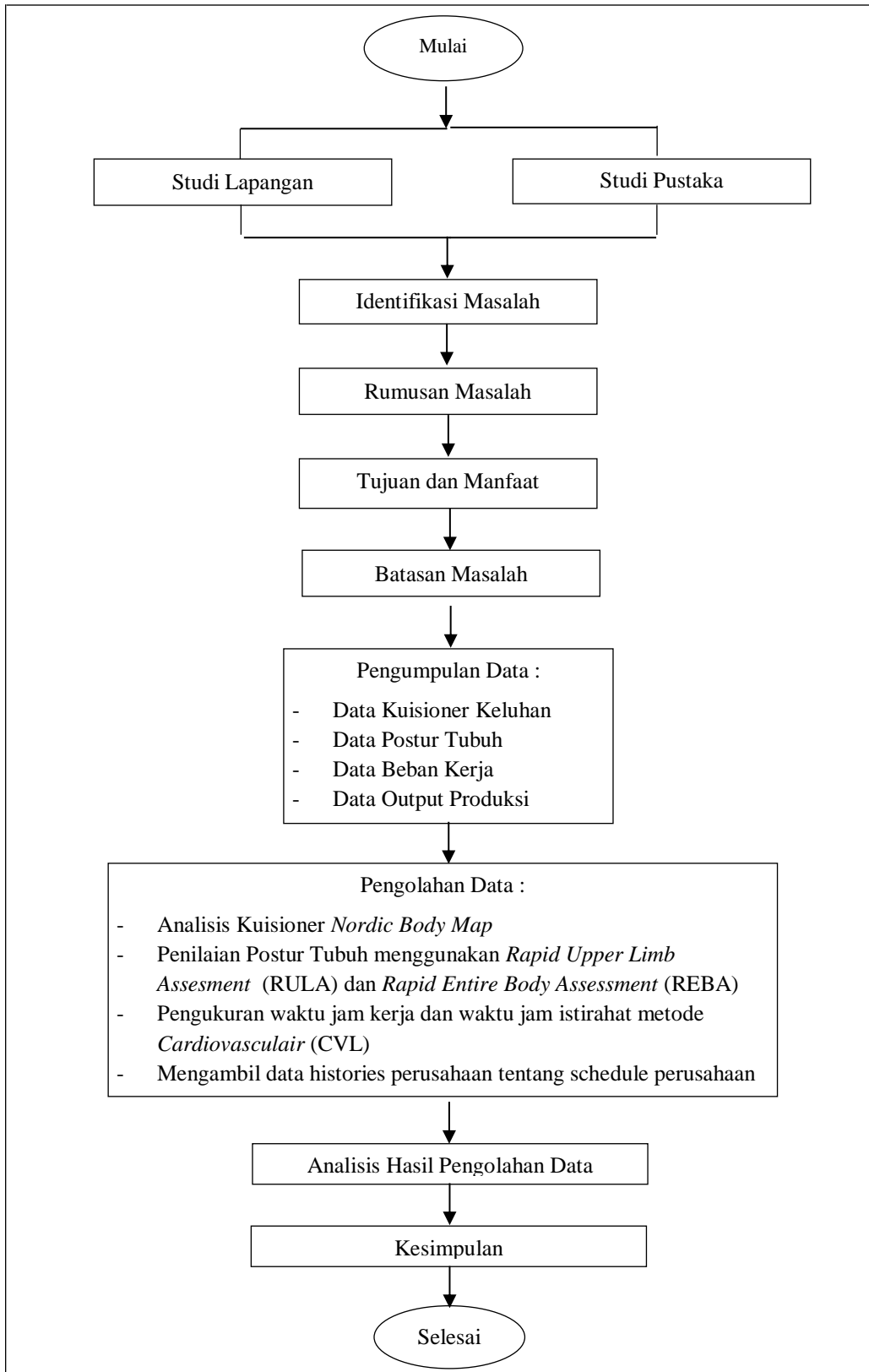
Batasan penelitian ini penulis hanya meneliti analisis beban kerja operator produksi untuk mengurangi kelelahan postur tubuh menggunakan metode musculoskeletal di PT. Koyo Jaya Indonesia, pada department Product Componen Plant (PCP) pekerjaan produksi P-TANK mesin injeksi banyak sekali beban kerja yang harus diperbaiki dengan pekerjaannya, sehingga butuh batasan masalah antara lain :

1. Tidak dilakukan pengukuran beban kerja psikis.
2. Penelitian hanya dilakukan pada operator mesin injeksi..
3. Penelitian beban kerja dilakukan hanya beban kerja fisik.
4. Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan dari tanggal 01 April 2020 sampai dengan 31 Mei 2020.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk keperluan peneliti. Sehingga perlu dijelaskan bagaimana cara mendapatkan data-data yang valid nantinya akan dianalisa sebagai dasar pengambilan kesimpulan.

1.6.1 Flowchart Pemecahan Masalah



Gambar 1.1 Flowchart Pemecahan Masalah

1.6.2 Filosofi Alur Pemecahan Masalah

1. Studi Lapangan

Pada tahap ini studi lapangan yang terdapat pada operator mesin injeksi di PT. KOYO JAYA INDONESIA pada bagian PCP operator mesin injeksi dengan fokus tujuan untuk mengetahui proses produksi dan ketidak nyamanan dalam bekerja.

2. Studi Pustaka

Melakukan penelitian guna mendukung dan mendapatkan data perusahaan untuk menentukan tema serta melakukan studi pustaka sebagai bahan referensi penulis.

3. Identifikasi Masalah

Data yang diperoleh ketika observasi membandingkan melalui studi pustaka yang dilakukan, selanjutnya melakukan identifikasi masalah yang berhubungan dengan latar belakang masalah, keluhan pada operator mesin injeksi, faktor keluhan yang menyebabkan tidak optimal hasil pekerjaannya serta output operator mesin injeksi tidak tercapai.

4. Rumusan Masalah

Tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah dari hasil dari identifikasi masalah yang telah diperoleh bahwa, apa saja keluhan-keluhan pada operator mesin injeksi, apa saja faktor yang

menyebabkan tidak optimal hasil pekerjaannya, bagaimana menentukan output mesin injeksi yang sesuai.

5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keluhan-keluhan apa saja yang terjadi pada operator mesin injeksi, dapat menentukan faktor-faktor penyebab beban kerja yang optimal dan postur tubuh yang menjadi dasar kelelahan musculoskeletal untuk operator mesin injeksi.

6. Pengumpulan Data

Pada pengumpulan data, ada beberapa data yang dibutuhkan untuk penelitian ini. Data-data tersebut diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung dilapangan, dari hasil pengumpulan data tersebut sebagai berikut:

- Data Keluhan

Kuesioner *Nordic Body Map (NBM)*, kuesioner dibagikan untuk mengetahui tubuh pekerja yang mengalami sakit ketika proses produksi.

- Data Postur Tubuh

Metode RULA dan REBA, untuk mengetahui gerakan postur tubuh operator digunakan data utama dari penelitian ini, foto ketika pada saat bekerja dan diukur menggunakan busur derajat.

- Data Beban Kerja

Dalam data ini faktor yang mempengaruhi beban kerja untuk menetapkan am kerja yang dibutuhkan ketika pada saat bekerja atau menyelesaikan pekerjaannya.

- Data Output Produksi

Pada tahap ini data histories perusahaan dimana data tersebut diambil ketika 6 bulan terakhir untuk mengetahui produktivitas output yang didapat.

7. Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dari sebar kuesioner (*Nordic Body Map*) yang akan digunakan untuk mendapatkan keluhan-keluhan apa saja dari operator mesin injeksi, pengamatan pada setiap pergerakan operator foto ketika bergerak dan sebar kuisoner penilaian *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) guna untuk mendapatkan penilaian postur tubuh. Pengukuran beban kerja hanya dilakukan beban kerja fisik operator mesin injeksi, waktu kerja dan waktu istirahat menggunakan *Cardiovascular* (CVL). Selanjutnya data yang diperoleh dari histories dapat mengetahui beban kerja dengan keluhan-keluhan *musculoskeletal* operator mesin injeksi.

8. Analisis Hasil Pengolahan Data

Anaslisa hasil dari *pengolahan* data terdapat metode yang digunakan ialah Metode kuisoner keluhan *musculoskeletal* dengan penilaian *Rapid Entire Body Assessment* (REBA).

9. Kesimpulan

Pada tahap yang terakhir akan membahas kesimpulan keseluruhan dengan tujuan yang dicapai pada penelitian ini perbaikan yang mungkin dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

1.6.3 Hipotesa Penelitian

Berdasarkan filosofi metodologi penelitian dibuat hipotesa penelitian sebagai berikut :

H₀ : “Terdapat hubungan antara postur tubuh operator produksi dengan keluhan *muskuloskeletal* dengan menggunakan penilaian RULA dan REBA”

H_a : “Tidak terdapat hubungan antara postur tubuh operator produksi dengan keluhan *muskuloskeletal* dengan menggunakan penilaian RULA dan REBA”

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memberika gambaran menyeluruh tentang isi laporan ini memudahkan dan penyampaian dari informasi yang ada, maka sub bab ini menjelaskan tentang sistematika penulisan, seperti pada uraian dibawah ini.

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan secara khusus mengenai penyusunan penelitian ini diantaranya mengenai latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian dan hipotesa penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini secara umum menjelaskan mengenai kajian pustaka dan teori metode *cardiovascular*, lamanya waktu kerja, ergonomi RULA REBA dan produktivitas yang digunakan sebagai acuan dalam pemecahan masalah yang diteliti.

BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi mengenai data-data yang dikumpulkan dalam penelitian metode *musculoskeletal* dimana data ini dikumpulkan sesuai masalah yang berada dilapangan, setelah data terkumpul, selanjutnya data dalam penelitian dengan metode *musculoskeletal* seperti keluhan operator produksi, penilaian postur tubuh, beban kerja fisik dan produktivitas yang optimal.

BAB IV ANALISA HASIL PENGOLAHAN DATA

Bab ini akan diuraikan hasil dan pengolahan data dapat dikemukakan untuk mengetahui hubungan beban kerja dengan produktivitas perusahaan dalam perbaikan dari latar belakang masalah yang diteliti.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dari penulis yang diharapkan dapat berguna dalam mendapatkan hasil yang lebih baik.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Ergonomi

Ergonomi secara menyeluruh memiliki aspek-aspek dalam lingkungan manusia untuk melakukan suatu pekerjaannya melalui pemanfaatan faktor manusia seoptimal mungkin pekerja terhadap kenyamanan pada saat bekerja, dapat ditinjau secara antropometri, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan perancangan sistem kerja. Jadi ergonomi dapat disimpulkan suatu ilmu dan seni yang mempelajari tentang lingkungan kerja, manusia serta hubungan yang sesuai antara manusia, mesin dan lingkungan kerja. Agar tercapainya keefisienan dan keselamatan dalam melakukan aktivitas pekerjaannya yang bertujuan menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan sesuai dengan pekerja sehingga mencapai produktifitas kerja yang tinggi.

Penerapan yang dilakukan hanya berdasarkan "*common sense*" (suatu hal yang sudah biasa terjadi) jika suatu keuntungan yang besar bisa didapat hanya sekedar dengan penerapan suatu prinsip yang sederhana, hal ini biasanya merupakan kasus dimana ergonomi belum diterima sepenuhnya sebagai alat desain, tetapi masih banyak aspek ergonomi yang jauh dari kesadaran manusia.

2.2 Tujuan Ergonomi

Secara umum tujuan dari penerapan ergonomi menurut Tarwaka, dkk (2004 : 7) adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurut beban kerja fisik dan mental.
- b. Meningkatkan kesejahteraan social melalui peningkatan kualitas kontak social, mengelola dan mengkoordinir kerja.
- c. Meningkatkan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya.

2.3 Konsep Keseimbangan Dalam Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau keseimbangan antara segala aktivitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik. Dalam kata lain tuntutan tugas tidak boleh berlalu rendah (*underload*) dan juga tidak boleh selalu berlebihan (*overload*). Karena keduanya, baik *underload* maupun *overload* akan menyebabkan stress.

Konsep keseimbangan antara kapasitas kerja dengan tuntutan tugas tersebut dapat diilustrasikan sebagai berikut :

- a. Kemampuan Kerja (*Work Capacity*)
 1. *Personal Capacity* (Karakteristik Pribadi).
 2. *Physicologi Capacity* (Kemampuan Fisiologis)
 3. *Biomechanical Capacity* (Kemampuan Biomekanik)
- b. Tuntunan Tugas (*Task Demand*)

1. *Task and Material Characteristic* (Karakteristik tugas dan Material); ditentukan oleh karakteristik peralatan, mesin, tipe, dan kecepatan kerja.
2. *Organisasi Characteristic*; berhubungan dengan jam kerja dan jam istirahat, shift kerja, cuti dan libur, manajemen.
3. *Environment Characteristic*; berkaitan dengan teman setugas, kondisi lingkungan kerja fisik, norma, adat kebiasaan dan social budaya.

c. Performansi (*Performance*)

1. Bila rasio tuntutan tugas (*Task Demand*) > Kapasitas kerja (*Work Capacity*), maka hasil akhir berupa: ketidaknyamanan *overstress*, kelelahan, kecelakaan, cedera, rasa sakit dan tidak produktif.
2. Bila rasio tuntutan tugas (*Task Demand*) < Kapasitas kerja (*Work Capacity*), maka hasil akhir berupa: *understress*, kebosanan, kejemuhan, kelesuan, sakit dan tidak produktif.
3. Agar penampilan menjadi optimal maka perlu adanya keseimbangan dinamis (*task demand = Work capacity*) sehingga tercapai kondisi lingkungan yang sehat, aman, nyaman dan produktif.

2.4 Musculoskeletal

Keluhan pada sistem *musculoskeletal* adalah keluhan dimana pada bagian-bagian otot rangka yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya diistilahkan dengan keluhan *musculoskeletal disorders (MSDs)* atau cedera pada

sistem *musculoskeletal*. Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pemberian beban dihentikan.
- Keluhan menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pemberian beban kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

Keluhan sistem *muskuloskeletal* pada umumnya terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat pemberian beban kerja yang terlalu berat dengan durasi pembebanan yang panjang. Sebaliknya, keluhan otot kemungkinan tidak terjadi apabila kontraksi otot hanya berkisar 15 – 20% dari kekuatan otot maksimum. Namun apabila kontraksi otot melebihi 20% maka peredaran darah ke otot berkurang menurut tingkat kontraksi yang dipengaruhi oleh besarnya tenaga yang diperlukan. Suplai oksigen ke otot terjadi penimbunan asam laktat yang menyebabkan timbulnya rasa nyeri otot.

Salah satu faktor yang menyebabkan keluhan *musculoskeletal* adalah sikap kerja yang tidak alamiah. Di Indonesia banyak sekali ada postur tubuh yang tidak alami ini lebih banyak disebabkan oleh adanya ketidakseuaian anatar dimensi alat dan stasiun kerja dengan ukuran tubuh pekerja maupun tingkah laku pekerja itu sendiri. Terdapat faktor yang dapat menyebabkan keluhan *muskuloskeletal* antara lain sebagai berikut :

- a. Peregangan otot yang berlebihan

Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi karena pengerahan tenaga yang diperlukan melampaui kekuatan optimum otot. Apabila hal serupa sering dilakukan, maka dapat mempertinggi risiko terjadinya keluhan otot, bahkan dapat menyebabkan terjadinya cedera sistem *muskuloskeletal*.

b. **Aktivitas berulang**

Aktivitas berulang adalah pekerjaan yang dilakukan secara terus menerus seperti pekerjaan mencangkul, membelah kayu besar, angkat-angkat dsb. Keluhan otot terjadi karena otot menerima tekanan akibat beban kerja secara terus menerus memperoleh kesempatan untuk relaksasi.

c. **Sikap kerja tidak alamiah**

Sikap kerja tidak alamiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi bagian-bagian tubuh bergerak menjauh posisi alamiah, misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat, dsb. Semakin jauh posisi bagian tubuh dari pusat gravitasi tubuh, maka semakin tinggi pula risiko terjadinya keluhan *muskuloskeletal*.

2.4.1 Keluhan *Musculoskeletal Disorders* MSDs

Terdapat kondisi yang dialami oleh operator produksi beberapa keluhan, antara lain :

- *Algias* merupakan penyakit pada juru ketik sekretaris, pekerja yang posturnya membungkuk ke depan

- *Osteo articular deviations* merupakan penyakit pada pemain violin (*violinist*) dan operator kerja bangku, bungkuk (*kifosis*)
- Rasa nyeri pada otot dan tendon merupakan rusaknya *achiles* pada para operator produksi, tendon para ekstensor panjang.
- Iritasi pada cabang saraf tepi merupakan penyakit saraf ulnar, bagi para pengemudi kendaraan, tukang kunci, tukang pande besi.

2.4.2 Faktor Sikap Kerja Terhadap *Musculoskeletal Disorder*

Sikap kerja yang sering dilakukan oleh manusia untuk melakukan pekerjaan antara lain berdiri, duduk, membungkuk, jongkok, bejalan dan lain-lain. Sikap kerja tersebut dilakukan tergantung dari kondisi dalam sistem kerja, jika kondisi sitem kerjanya yang tidak sehat akan menimbulkan kecelakaan kerja. Karena pekerja melakukan pekerjaan yang tidak aman sikap kerja yang salah, canggung dan diluar kebiasaan akan menambah resiko cidera pada bagian *musculoskeletal*.

- **Sikap Kerja Berdiri**

Sikap kerja berdiri merupakan salah satu sikap kerja yang sering dilakukan ketika melakukan sesuatu pekerjaan. Berat tubuh manusia ditopang oleh satu ataupun kedua kaki ketika melakukan posisi berdiri. Aliran beban berat tubuh mengalir pada kedua kaki. Hal ini disebabkan oleh faktor gaya gravitasi bumi. Kestabilan tubuh ketika posisi berdiri dipengaruhi oleh posisi kedua kaki, kaki yang sejajar lurus dengan jarak sesuai dengan tulang pinggul menjaga tubuh bagian atas dengan anggota tubuh bagian bawah. Sikap kerja berdiri

memiliki beberapa permasalahan sistem *musculoskeletal* nyeri punggung bagian bawah (*low back pain*) menjadi salah satu permasalahan posisi yang terlalu lama akan menyebabkan penggumpalan pembuluh darah karena darah berlawanan dengan gaya gravitasi.

2.5 Kerja Otot Statis dan Dinamis

Otot adalah organ yang terpenting dalam sistem gerak tubuh. Otot dapat bekerja secara statis (*postural*) dan dinamis (*rhythmic*). Pada kerja otot dinamis, kontraksi dan relaksasi terjadi silih berganti sedangkan pada kerja otot statis otot menetap dan berkontraksi untuk suatu periode tertentu (Tarwaka, 2010).

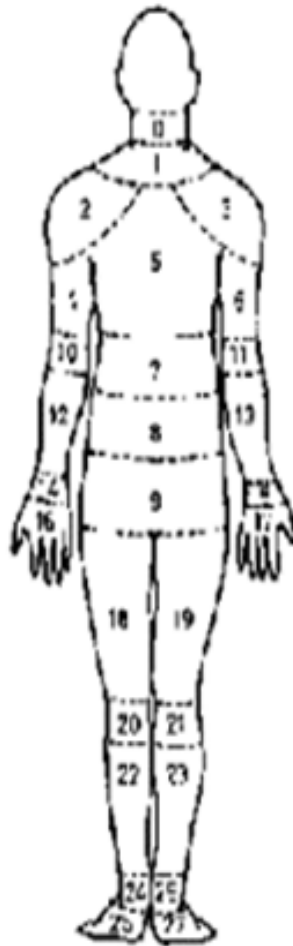
Keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligament, dan tendon. Keluhan dan kerusakan ini yang dinamakan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau keluhan pada sistem *musculoskeletal*.

2.6 Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map adalah sebuah metode yang digunakan untuk menilai tingkat keparahan (*severity*) atas terjadinya gangguan atau cedera pada sistem *musculoskeletal*. Metode REBA ini memungkinkan dilakukan suatu analisa secara bersama posisi yang terjadi pada anggota tubuh bagian atas (lengan, lengan bagian bawah dan pergelangan tangan), badan, leher dan kaki. menggunakannya. Contoh kuesioner *Nordic Body Map* ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :

B. KUESIONER BODY MAP

(Jawablah pertanyaan berikut ini dengan memberi tanda (✓) pada kolom disamping pertanyaan yang sesuai dengan kondisi/perasaan Saudara)



NO	JENIS KELUHAN	TINGKAT KELUHAN			
		A	B	C	D
0	Sakit/kaku di leher bagian atas				
1	Sakit/kaku di leher bagian bawah				
2	Sakit di bahu kiri				
3	Sakit di bahu kanan				
4	Sakit pada lengan atas kiri				
5	Sakit di punggung				
6	Sakit pada lengan atas kanan				
7	Sakit pada pinggang				
8	Sakit pada bokong				
9	Sakit pada pantat				
10	Sakit pada siku kiri				
11	Sakit pada siku kanan				
12	Sakit pada lengan bawah kiri				
13	Sakit pada lengan bawah kanan				
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri				
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan				
16	Sakit pada tangan kiri				
17	Sakit pada tangan kanan				
18	Sakit pada paha kiri				
19	Sakit pada paha kanan				
20	Sakit pada lutut kiri				
21	Sakit pada lutut kanan				
22	Sakit pada betis kiri				
23	Sakit pada betis kanan				
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri				
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan				
26	Sakit pada jari kaki kiri				
27	Sakit pada jari kanan				

Keterangan :

A : Tidak Sakit, B : Agak Sakit, C : Sakit, D : Sakit Sekali

(Sumber : Eko Nurmianto, 2005)

Gambar 2.1 Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM)

Responden harus mengisi untuk menunjukkan ada atau tidaknya gangguan pada bagian-bagian tubuh tersebut. Kuesioner *Nordic Body Map* ini dibagikan seluruh didepartmen Product Commpent Plant pada setiap stasiun kerja, cukup menjawab tidak sakit, sedikit sakit, terasa sakit, dan sangat sakit. Setelah proses pengisian selesai, peneliti merekapitulasi hasil dan *Nordic Body Map* untuk mengetahui

hasil maka peneliti dihadapkan dua keputusan yaitu postur kerja aman dan postur kerja tidak aman. Jika postur aman maka penelitian pun berakhir dan jika postur tubuh tidak aman melanjutkan dengan cara selanjutnya.

2.7 Definisi *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

Rula (*Rapid Upper Limb Assessment*) merupakan alat yang berbentuk survei untuk mengidentifikasi pekerjaan yang menyebabkan resiko cedera kumulatif melalui analisis postur, gaya dan penggunaan otot. Hasil akan mengidentifikasi derajat kecenderungan pekerja mengalami resiko dan menyediakan metode untuk protitas kerja membantu dalam investigasi pekerjaan lebih lanjut. Metode ini tidak memberikan rekomendasi yang spesifik terhadap modifikasi pekerjaan. Metode ini dirancang untuk menjadi survei yang mudah digunakan dan cepat yang dapat menjawab keperluan akan analisis yang lebih detail.

Rula merupakan metode penelitian untuk RULA dikembangkan sebagai suatu metode untuk mendeteksi postur kerja yang merupakan faktor resiko. Metode didesain untuk menilai para pekerja dan mengetahui beban *musculoskeletal* yang kemungkinan menimbulkan gangguan pada gangguan tubuh atas. Hasil akhir RULA adalah untuk mengetahui skor yang terdapat pada aktivitas kerja yang berlangsung, terdapat beberapa level untuk nilai pada metode RULA, semakin rendah skor yang didapat semakin kecil level yang ditunjukkan diartikan bahwa semakin nyaman pekerja atau bisa dikatakan kondisi kerja sudah ergonomis, akan tetapi semakin besar level maka akan semakin besar tingkat resiko cedera dan perlu adanya perbaikan.

RULA Employee Assessment Worksheet

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
 If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
 If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1
 If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
 Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
 If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
 Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

SCORES

Table A: Wrist Posture Score

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Posture Score						
		1	2	3	4			
1	1	1	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4
	2	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5
	2	3	4	4	4	4	4	5
	3	4	4	4	4	4	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture Score	Trunk Posture Score					
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	2	2	3	3
2	2	2	3	3	4	4
3	3	3	4	4	5	5
4	4	4	5	5	6	6
5	5	5	6	6	7	7
6	6	6	7	7	8	8

Table C: Neck, trunk and leg score

Wrist and Arm Score	Neck, trunk and leg score						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Scoring: (final score from Table C)
 1 or 2 = acceptable posture
 3 or 4 = further investigation, change may be needed
 5 or 6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
 If legs and feet are supported: +1
 If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
 Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
 If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
 Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Sumber : Nuhajannah : 122

Gambar 2.2 Analisis RULA

2.7.1 Kegunaan Rapid Upper Limb Assesment (RULA)

Dalam penilaian terdapat 4 faktor eksternal (jumlah gerakan, kerja otot statis, tenaga kekuatan dan postur tubuh), RULA dikembangkan untuk :

1. Memberikan metode penyaringan suatu populasi kerja dengan cepat, yang berhubungan dengan kerja yang beresiko yang menyebabkan gangguan pada anggota badan bagian atas.

2. Mengidentifikasi usaha otot yang berhubungan dengan postur kerja, penggunaan tenaga dan kerja yang berulang-ulang yang dapat menimbulkan kelelahan otot.
3. Memeberikan hasil yang dapat digabungkan dengan sebuah metode penilaian ergonomi yaitu epidomiologi, fisik, lingkungan dan daktor organisasi.

2.7.2 Prosedur *Rapid Upper Limb Assesment (RULA)*

Prosedur untuk menggunakan RULA dijelaskan dalam tiga langkah :

1. Sikap untuk penelitian.
2. Sikap yang dicetak menggunakan lembar penilaian, diagram bagian tubuh dan tabel.
3. Skor dikonversi ke salah satu tingkat dari empat tindakan.
4. Penilaian postur tubuh dibagi 2 segmen group, group A dan group B. Postur group A terdiri lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), pergelangan tangan (*twist*) dan putaran pergelangan tangan (*twist teist*). Penilaian group B terdiri leher atas (*neck*), batang tubuh (*trumk*) dan kaki (*legs*). Hasil skor diklasifikasikan ke dalam beberapa kedalam kategori level resiko sebagai berikut.

Kategori Tindakan	Level Resiko	Tindakan	Keterangan
-------------------	--------------	----------	------------

1 - 2	Minimum	Aman	Skor 1 atau 2 menunjukkan postur tubuh dapat diterima jika tidak diperintahkan atau berulang-ulang dalam waktu lama
3 - 4	Kecil	Diperlukan beberapa waktu kedepan	Skor 3 atau 4 menunjukkan bahwa penelitian lebih lanjut diperlukan, dan perubahan mungkin diperlukan
5 - 6	Sedang	Tindakan dalam waktu dekat	Skor 5 atau 6 menunjukkan bahwa penelitian dan perubahan yang diperlukan segera
7	Tinggi	Tindakan sekarang juga	Skor 7 menunjukkan bahwa penilaian dan perubahan yang diperlukan segera

Tabel 2.1 Activity Score atau Level RULA

Sumber : Tarwaka 2011 : 324

2.8 Definisi Rapid Entire Body Assesment (REBA)

Rapid Entire Body Assesment adalah sebuah metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi dan dapat digunakan secara cepat untuk menilai posisi kerja atau postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan dan kaki seorang operator. Selain itu metode ini juga dipengaruhi faktor *coupling*, beban eksternal yang ditopang oleh tubuh serta aktivitas pekerja.

Metode ergonomi tersebut mengevaluasi postur, kekuatan, aktivitas dan faktor *coupling* yang menimbulkan cedera akibat aktivitas yang berulang-ulang. Penilaian postur kerja dengan metode ini dengan cara pemberian skor resiko antara satu sampai lima belas, yang mana skor tertinggi menandakan level yang mengakibatkan resiko yang besar (bahaya) untuk dilakukan dalam bekerja dalam

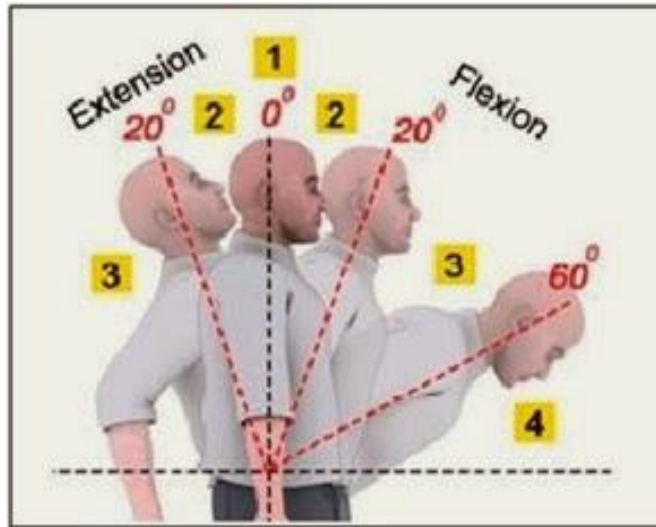
perbaikan segera mungkin. REBA dikembangkan tanpa membutuhkan piranti khusus. Hal ini dapat mudah peneliti untuk dilatih dalam melakukan pemeriksaan dan pengukuran tanpa biaya, peralatan tambahan. Pemeriksaan REBA dapat dilakukan ditempat yang terbatas tanpa mengganggu pekerja.

2.8.1 Penilaian *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

Penilaian postur tubuh dan pergerakan kerja menggunakan metode REBA melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Pengambilan data postur pekerja menggunakan bantuan video atau foto.
Untuk mendapatkan gambaran sikap (postur) pekerjaan dari leher, punggung, lengan, pergelangan tangan hingga kaki secara terperinci dilakukan dengan merekan tau memotret postur tubuh pekerja.
2. Penentuan sudut-sudut dari bagian tubuh pekerja setelah didapatkan hasil rekaman dan foto postur tubuh dari pekerja dilakukan perhitungan besar sudut dari masing-masing segmen tubuh yang meliputi punggung (batang tubuh), leher, lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan dan kaki.

Pada metode REBA ini dibagi menjadi dua kelompok yaitu grup A dan grup B. Grup A meliputi punggung (batang tubuh), leher dan kaki. Sementara grup B meliputi lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Dari data sudut segmen tubuh pada masing-masing grup dapat diketahui skornya, kemudian dengan skor tabel A untuk grup A dan tabel B untuk grup B agar diperoleh skor masing-masing tabel.



Sumber :

Hignett & McAtamney 2000 : 122

Gambar 2.3 Range Pergerakan Punggung

Berdasarkan gambar 2.3 Range pergerakan punggung yang membentuk sudut tubuh. Sumbu tegak lurus atau sumbu y sejajar dengan garis dari tulang belakang manusia.

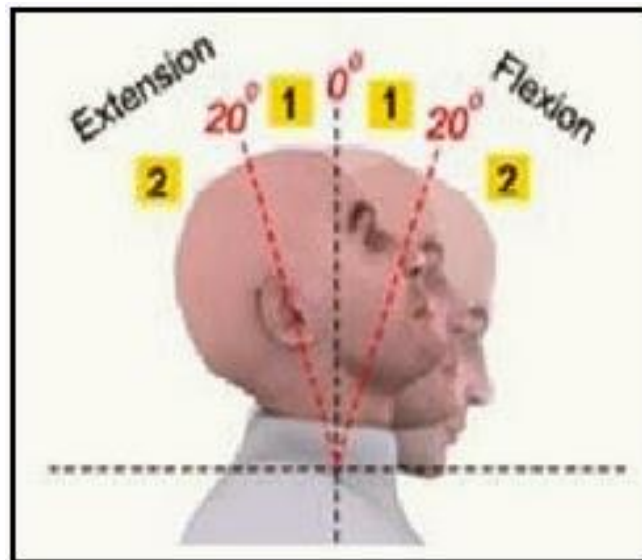
Tabel2.2 Skor Pergerakan Punggung

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
Tegak / Alamiah	1	+1 Jika memutar / miring kesamping
0°-20° flexion 0°-20° extention	2	
20°-60° flexion >20° extention	3	
>60° flexion	4	

Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 122

Nilai pergerakan 1 diberikan jika pergerakan tubuh pada saat posisi tubuh tegak secara alamiah. Pergerakan tubuh *extension* maupun *flexion* yang membentuk

sudut mulai 0°-20° bernilai skor 2, sedangkan pergerakan tubuh membentuk sudut 20°-60° *flexion* dan lebih dari 20° *extension* bernilai 3 dan pergerakan yang membentuk sudut lebih dari 60° *flexion* bernilai skor 4. Skor-skor tersebut akan mendapatkan tambahan skor sebesar 1 jika saat bergerak membentuk sudut tubuh terjadi gerakan memutar/miring kesamping.



Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 123

Gambar 2.4 Range Pergerakan Leher

Gambar 2.4 *Range* pergerakan leher ialah gambar yang menjelaskan pergerakan yang dilakukan oleh leher pekerja saat beraktivitas. Penentuan garis vertical atau sumbu y pada pergerakan leher berdasarkan garis lurus posisi leher dan kepala, sedangkan garis horizontal atau sumbu x berdasarkan posisi bahu.

Tabel 2.3 Skor Pergerakan Leher

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
0°-20° <i>flexion</i>	1	+1 jika memutar / miring kesamping
0°-20° <i>flexion</i> atau <i>extension</i>	2	

Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 123

Tabel 2.3 Skor pergerakan leher menjelaskan bobot skor dari pergerakan leher yang dilakukan leher membentuk sudut 0° - 20° *flexion* bernilai skor sebesar 1, sedangkan pergerakan leher membentuk sudut lebih dari 20° *flexion* atau *extension* bernilai skor 2. Skor akan bertambah 1 jika saat bergerak leher melakukan pergerakan memutar atau miring kesamping.



Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 123

Gambar 2.5 Pergerakan Kaki

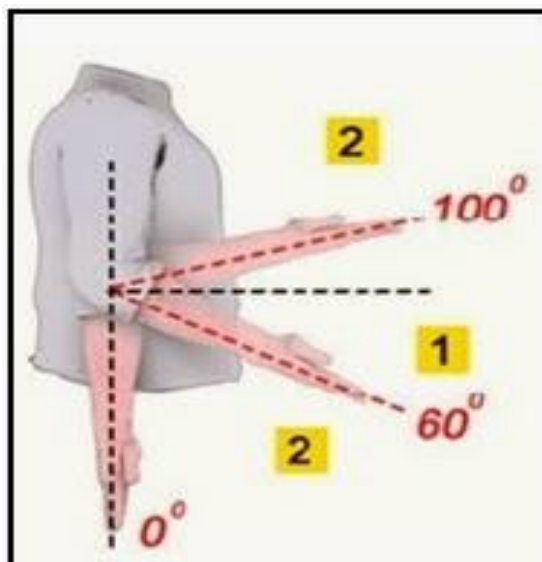
Gambar 2.5 pergerakan kaki merupakan gambar yang menjelaskan pergerakan kaki saat beraktivitas. Terdapat dua pergerakan kaki yang dilakukan yaitu kaki yang bertopang sehingga bibit tersebar merata pada kedua kaki dan kaki yang tidak bertopang atau bobot beban yang tersebar tidak merata.

Tabel 2.4 Skor Pergerakan Kaki

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
Kaki tertopang bobot tersebar merata, jalan atau duduk	1	+1 Jika lutut antara 30° dan 60° <i>flexion</i>
Kaki tidak tertopang, bobot tersebar merata / postur tidak stabil	2	+2 Jika lutut >60° <i>flexion</i> (tidak ketika duduk)

Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 124

Tabel 2.4 Skor pergerakan kaki menjelaskan bobot yang diperoleh dari gerakan gerakan yang dilakukan oleh kaki saat beraktivitas. Pergerakan kaki tertopang atau bobot tersebar merata pada kedua kaki mendapatkan skor 1, sedangkan pergerakan kaki tidak tertopang atau bobot tersebar tidak merata mendapat skor 2. Skor akan bertambah 1 pada gerakan kaki yang dilakukan apabila lutut kaki membentuk sudut antara 30° dan 60° *flexion*, sedangkan apabila lutut membentuk sudut lebih dari 60° *flexion* (tidak ketika duduk) akan ditambahkan skor sebesar 2.



Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 124

Gambar 2.6 Range Pergerakan Lengan Atas

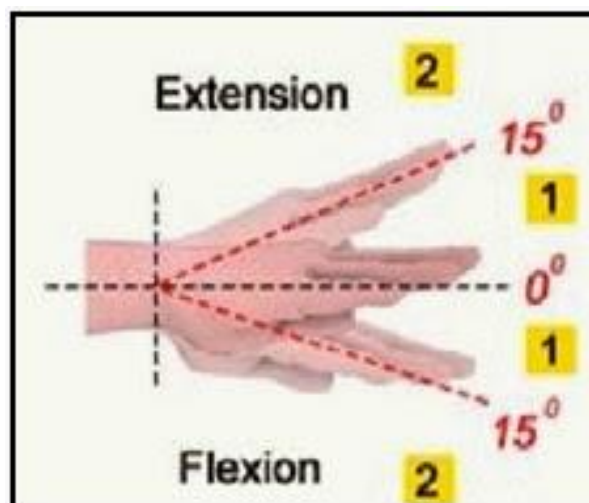
Gambar 2.6 Range pergerakan lengan atas yang menunjukkan sudut-sudut gerakan yang dilakukan oleh lengan bagian atas manusia saat beraktivitas. Terdapat 4 bagian pembobotan sudut yang dilakukan antara 0° - 20° flexion mulai dari 20° - 45° dan lebih dari 20° extension bebobot 2, pergerakan lengan atas flexion dengan sudut 45° - 90° bebobot skor 3 dan pergerakan lengan yang terakhir adalah pergerakan flexion lebih dari 90° mendapatkan bobot skor 4.

Tabel 2.5 Skor Pergerakan Lengan Atas (Hignett % McAtamney 2000 : 124)

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
20° extensionsampai 20° flexion	1	+1 Jika posisi dengan : <i>Adducted</i>
$>20^{\circ}$ extention 20° - 45° flexion	2	<i>Rotated</i> +1 Jika bahu ditinggikan
45° - 90° felxion	3	+1 Jika besandar, bobot lengan
$>90^{\circ}$ flexion	4	ditopang atau sesuai gravitasi

Sumber : Hignett % McAtamney 2000 : 124

Bobot Skor akan bertambah 1 apabila posisi lengan pada posisi *adducted* ataupun *rotated*, jika bahu ditinggikan dan bobot lengan ditopang atau sesuai gravitasi.



Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 125

Gambar 2.7 Range Pergerakan Lengan Bawah

Gambar 2.7 Range pergerakan lengan bawah menunjukkan pergerakan lengan bawah yang membentuk sudut-sudut tertentu saat bekerja. Terlihat pada tabel 2.12 skor pergerakan lengan bawah.

Tabel 2.6 Skor Pergerakan Lengan Bawah

Pergerakan	Skor
60°-100° <i>flexion</i>	1
<20° <i>flexion</i> atau >100° <i>flexion</i>	2

Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 125

Gambar 2.7 pergerakan pergelangan tangan selama proses bekerja yang membentuk sudut-sudut tertentu. Terlihat pada gambar 2.7 sudut-sudut yang terbentuk pada pergelangan tangan, maka diuraikan pergerakan yang terjadi pada pergelangan tangan menjadi skor-skor.

Tabel 2.7 Skor Pergerakan Pergelangan Tangan

Pergerakan	Skor	Perubahan Skor
0°-15° <i>flexion/extension</i>	1	+ Jika pergerakan tangan menyimpang / berputar
15° <i>flexion/extension</i>	2	

Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 126

Setelah skor-skor pergerakan tubuh didapatkan maka tabel-tabel tersebut digunakan untuk mencari skor REBA pada tabel A maupun B. Tabel 2.8 merupakan tabel untuk mencari skor pada bagian tubuh atas mulai dari pergerakan leher, punggung, sampai posisi kaki. Cara untuk mendapatkkan nilai pada tabel A yaitu dengan mengutukan nilai-nilai yang didapat dari masing-amsing segmen pergerakan pada tabel A hingga mendapatkan hasil skor pada tabel tersebut. Skor yang didapatkan pada tabel A akan bertambah apabila beban yang diberikan pada operator saat bekerja memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan.

Tabel 2.8 Tabel A Metode REBA

		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9
Beban						
0	1	2		+1		
<5 kg	5-10 kg	>10 kg		Penambahan Beban secara tiba-tiba atau secara cepat		

Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 127

Tabel 2.9 merupakan tabel skor tubuh untuk mencari skor tubuh berdasarkan segmen tubuh lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Cara untuk mencari skor pada tabel B diurutkan skor-skor yang terdapat dari segmen tubuh sehingga didapatkan skor tabel B. Skor yang diperoleh akan bertambah apabila memenuhi syarat-syarat yang terdapat pada *coupling* saat bekerja.

Tabel 2.9 Skor B Metode REBA

Tabel B	Lengan Bagian Bawah (Siku)						
	Pergelangan Tangan	1			2		
		1	2	3	1	2	3
Skor Lengan Bagian Bawah	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 128

Tabel 2.10 Skor B Metode REBA (lanjutan)

Coupling			
0-Good	1-Fair	2-Poor	3-Unacceptable
Pegangan pas dan tepat ditengah, genggamannya kuat	Pegangan tangan bisa diterima tapi tidak ideal sesuai digunakan oleh bagian lain dari tubuh	Pegangan tangan tidak bisa diterima walaupun memungkinkan	Dipaksakan genggamannya yang tidak aman, tanpa pegangan <i>coupling</i> tidak sesuai digunakan oleh bagian lain dari tubuh

Sumber : Hignett & McAtamney 2000 : 128

Tabel 2.11 merupakan tabel skor REBA yang akan digunakan untuk mengetahui *risk level* dari kegiatan yang dilakukan manusia saat bekerja. Caranya dengan mengurutkan nilai dari tiap tabel yang telah didapatkan, skor pada tabel C akan bertambah apabila aktivitas yang dilakukan oleh manusia atau pekerja memenuhi kriteria *activity score*.

Tabel 2.11 Skor C Metode REBA

		Skor A											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skor B	1	1	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12
	2	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
	3	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
	4	2	3	3	4	5	7	8	9	10	11	12	12
	5	3	4	4	5	6	8	9	10	10	11	12	12
	6	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	12
	7	4	5	6	7	8	9	9	10	11	11	12	12
	8	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	12
	9	6	6	7	8	9	10	10	10	11	12	12	12
	10	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
	11	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
	12	7	8	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
		Activity Skor											
+1 Jika 1 atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari 1 menit				+1 Jika pengulangan gerakan dan rentang waktu singkat, diulang lebih dari 4 kali permenit (tidak termasuk berjalan)				+1 Jika gerakan menyebabkan perubahan atau pergeseran postur tubuh yang cepat dari posisi awal					

Sumber : Tarwaka 2011 : 354

Setelah skor pada tabel C didapatkan maka langkah selanjutnya adalah menentukan termasuk kedalam kategori apa kegiatan operator yang diamati. Terlihat pada tabel 2.16 yang merupakan rangkuman dari *risk level* tabel REBA.

Tabel 2.12 Level Resiko Ergonomi

REBA Skor	<i>Risk Level</i>	Tindakan
1	Diabaikan	Tidak Diperlukan
2-3	<i>Low</i>	Mungkin Diperlukan
4-7	<i>Medium</i>	Diperlukan
8-10	<i>High</i>	Segera Diperlukan
11-15	<i>Very High</i>	Diperlukan Sekarang

Sumber : Tarwaka 2011 : 355

2.9 Produktivitas

Produktivitas adalah suatu kegiatan yang berhubungan dengan hasil keluaran dan umumnya dinyatakan sebagai dengan volume produksi, sedangkan produktivitas berhubungan dengan efisiensi penggunaan sumber daya (masukan dalam menghasilkan tingkat perbandingan antara keluaran dan masukan). Peningkatan produktivitas dan efisiensi merupakan sumber pertumbuhan utama untuk mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan. Walaupun secara teoritis faktor produksi dapat dirinci, pengukuran kontribusinya terhadap output dari suatu proses produksi sering dihadapkan dengan kesulitan. Disamping itu, kedudukan manusia, baik sebagai tenaga kerja kasar maupun sebagai manajer, dari suatu aktivitas produksi tentunya juga tidak sama dengan mesin atau alat produksi lainnya.

Dengan kata lain bahwa produktivitas merupakan pencerminan dari tingkat efisiensi dan efektivitas kerja secara total. Prinsip dalam manajemen produktivitas adalah efektif dalam mencapai tujuan dan efisien dalam menggunakan sumber daya. Unsur-unsur yang terdapat dalam produktivitas :

1. Efisiensi. Produktivitas sebagai rasio output/input merupakan ukuran efisiensi pemakaian sumber daya (input). Efisiensi merupakan suatu ukuran dalam membangkitkan penggunaan masukan yang direncanakan dengan penggunaan masukan yang sebenarnya.
2. Efektivitas. Merupakan suatu ukuran yang memberikan gambaran seberapa jauh target yang dapat dicapai baik secara kuantitas maupun waktu. Makin besar persentase target tercapai, makin tinggi efektivitasnya.
3. Kualitas. Secara umum kualitas merupakan ukuran yang menyatakan seberapa jauh pemenuhan persyaratan, spesifikasi dan harapan konsumen. Kualitas merupakan salah satu ukuran produktivitas meskipun kualitas sulit untuk diukur secara matematis melalui rasio output/input, namun jelas bahwa kualitas input dan kualitas proses akan meningkatkan kualitas output.

Husien Umar (1999:9) produktivitas mengandung arti sebagai perbandingan antara hasil yang dicapai (output) dengan keseluruhan sumber daya yang digunakan (input). Rumus produktivitas sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Efektivitas menghasilkan output}}{\text{Efisiensi menggunakan input}}$$

2.10 Perhitungan Waktu

Waktu yang diperlukan untuk melaksanakan elemen-elemen kerja pada umumnya sedikit berbeda dari siklus ke siklus kerja sekalipun operator bekerja pada kecepatan normal, tiap-tiap elemen dalam siklus yang berada tidak akan selalu bisa disesuaikan dalam waktu yang persis sama. Waktu siklus dihitung dengan menggunakan rumus :

$$X \frac{\sum x}{n}$$

Dimana :

X = Waktu Siklus

$\sum x$ = Waktu Pengamatan

n = Jumlah pengamatan yang dilakukan

2.11 Faktor Penyesuaian dan Kelonggaran (*Allowance*)

Tabel 2.13 Penyesuaian Metode *Wasting House*

Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Keterampilan	Superskil	A1	+0,15
		A2	+0,13
	Excellent	B1	+0,11
		B2	+0,08
Usaha	Good	C1	+0,06
		C2	+0,03
	Average	D	0,00
	Fair	E1	-0,05
		E2	-0,10
	Poor	F1	-0,16
Usaha		F2	-0,22
	Excessive	A1	+0,13
		A2	+0,12
	Excellent	B1	+0,10
		B2	+0,08
	Good	C1	+0,05
		C2	+0,02
	Average	D	0,00
	Fair	E1	-0,04
		E2	-0,08
Kondisi Kerja		F1	-0,12
		F2	-0,17
	Ideal	A	+0,06
	Excellenty	B	+0,04
	Good	C	+0,02
	Average	D	0,00
Konsistensi	Fair	E	-0,03
	Poor	F	-0,07
	Perfect	A	+0,04
	Excellent	B	+0,03
	Good	C	+0,01
	Average	D	0,00
	E	-0,02	
	F	-0,04	

2.11.1 Kelonggaran

Salah satu yang paling penting diperhatikan dalam pengukuran waktu adalah faktor kelonggaran. Faktor kelonggaran ditambahkan pada waktu normal yang telah didapatkan. Kelonggaran diberikan untuk hal : **untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan fatigue dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan.**

Tabel 2.14 Kelonggaran (*Allowance*)

Faktor	Contoh Pekerjaan	Kelonggaran (%)	
A. Tenaga yang dikeluarkan			
1. Dapat dibedakan	Bekerja dimaja, duduk	aktivasi beban tanpa beban	Pria 0,0-6,0 Wanita 0,0-6,0
2. Sangat Ringan	Bekerja dimaja, berdiri	0,00-2,25 kg	6,0-7,5 6,0-7,5
3. Ringan	Menyekop, ringan	2,25-9,00	7,5-12,0 7,5-16,0
4. Sedang	Mencangkul	9,00-18,00	12,0-19,0 16,0-30,0
5. Berat	Mengayuh palu yang berat	19,00-27,00	19,0-30,0
6. Sangat Berat	Mamanggil beban	27,00-30,00	30,0-50,0
7. Luar Biasa Berat	Mamanggil karung berat	di atas 30 kg	
B. Sikap Kerja			
1. Duduk	Bekerja duduk, ringan		0,00-1,0
2. Berdiri diatas dua kaki	Badan tegak, ditumpu dua kaki		1,0-2,5
3. Berdiri diatas satu kaki	Satu kaki mengajikan alat kontrol		2,5-4,0
4. Berbaring	Pada bagian sisi, balakang atau dapan badan		2,5-4,0
5. Membungkuk	Badan dibungkukan bertumpu pada kedua kaki		4,0-10
C. Gerakan Kerja			
1. Normal	Ayunan bebas dari palu		0
2. Agak terbatas	Ayunan terbatas dari palu		0-5
3. Sulit	Membawa beban berat dengan satu tangan		0-5
4. Pada anggota badan terbatas	Bekerja dengan tangan diatas kepala		5-10
5. Seluruh anggota badan terbatas	Bekerja dilorong pantembangan yang sempit		10-15
D. Kelelahan Mata *)			
1. Pandangan yang terputus-putus	Membawa alat ukur	Pencerayaan baik	Buruk
2. Pandangan yang hampir terus menerus	pekerjaan-pekerjaan yang teliti	0,0-6,0	0,0-6,0
3. Pandangan terus menerus dengan fokus berubah-ubah	Memeriksa cacat-cacat pada kain	6,0-7,5	6,0-7,5
4. Pandangan terus menerus dengan fokus tetap	Pemeriksaan yang sangat teliti	7,5-12,0	7,5-16,0
		12,0-19,0	16,0-30,0
		19,0-30,0	
		30,0-50,0	
E. Keadaan Temperatur Tempat Kerja **)			
1. Baku	Temperatur (C)	Kelambahan Normal	Berlebihan
2. Rendah	Dibawah 0	didas 10	didas 12
3. Sedang	0-13	10-0	12-5
4. Normal	13-22	5-0	8-0
5. Tinggi	22-28	0-5	0-0
6. Sangat Tinggi	28-35	5-40	0-100
	didas 30	didas 40	didas 100
F. Keadaan Atmosfer ***)			
1. Baik	Ruang yang berventilasi baik udara segar		0
2. Cukup	Ventilasi kurangbaik, ada bau-bauan (tidak berbahaya)		0-5
3. Kurang Baik	Adanya debu-debu beracun, atau tidak beracun tetapi banyak		5-10
4. Buruk	Adanya bau-bauan berbahaya yang mengharuskan menggunakan alat-alat pemapasan		10-20
G. Keadaan lingkungan yang baik			
1. Bersih, sehat, cerah dengan kabinsingan rendah			0
2. Siklus kerja berulang-ulang antara 5-10 detik			0-1
3. Siklus kerja berulang-ulang antara 0-5 detik			1-3
4. Sangat bising			0-5
5. Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat menurunkan kualitas			0-5
6. Tercac adanya getaran lantai			5-10
7. Keadaan-keadaan yang luar biasa (bunyi berlebihan, dll)			5-15

*) Kontras antara warna hendaknya diperhatikan
 **) Tanggung juga pada keadaan ventilasi
 ***) Dipengaruhi juga oleh ketinggian tempat kerja dari permukaan laut dan keadaan iklim
 Catatan pelengkap : Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi bagi :
 Pria = 0 - 2,5 %
 Wanita = 2 - 5,0 %

Kondisi yang sesuai dengan pekerjaan yang bersangkutan. Untuk yang ketiga dapat diperoleh melalui pengukuran khusus seperti sampling pekerjaan. Kesemuanya, masing-masing dinyatakan dalam persentase, dijumlahkan dan kemudian mengkalikan jumlah ini dengan waktu normal yang telah dihitung sebelumnya.

Misalkan suatu pekerjaan yang sangat ringan dilaksanakan sambil duduk dengan gerakan-gerakan yang terbatas, membutuhkan pengawasan mata terus menerus dengan pencerayaan yang kurang memadai, suhu dan kelembaban ruangan normal, siklus udara baik, tidak bising. Dari tabel 2.20

didapatkan persentase kelonggaran untuk kebutuhan pribadi dan untuk *fatigue* sebagai berikut.

$$(7+0+3+5+2,5+0+2) \% = 19,5\%$$

Jika dari sampling pekerjaan didapat bahwa kelonggaran untuk hambatan yang dihindarkan adalah 5%, maka kelonggaran total harus diberikan untuk pekerjaan itu adalah $(19,5+5) \% = 24,5\%$

Jika waktu normalnya telah dihitung sama dengan 5,5 menit, maka waktu bakunya adalah :

$$5,5+0,245(5,5) = 6,85 \text{ menit}$$

2.12 Beban Kerja

Tubuh manusia dirancang untuk dapat melakukan aktivitas pekerjaan sehari-hari. Adanya massa otot yang bobotnya hampir lebih dari separuh beban tubuh, memungkinkan kita dapat menggerakkan dan melakukan pekerjaan. Dengan kata lain bahwa setiap pekerjaan merupakan beban bagi yang bersangkutan. Beban tersebut dapat berupa beban fisik maupun mental.

2.12.1 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Beban Kerja

Secara umum hubungan antara beban kerja dan kapasitas kerja dipengaruhi oleh berbagai faktor yang sangat kompleks, baik faktor internal maupun eksternal.

1. Beban Kerja Oleh Karena Faktor Eksternal

Faktor eksternal beban kerja adalah beban kerja yang berasal dari luar tubuh pekerjaan, meliputi :

a. Tugas-tugas (*task*)

Meliputi tugas bersifat fisik seperti, stasiun kerja, cara angkut, beban yang diangkat.

b. Organisasi kerja

Organisasi kerja meliputi lamanya waktu kerja, waktu istirahat, *shift* kerja dan sistem kerja.

c. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja ini dapat memberikan beban kerja tambahan yang meliputi, lingkungan kerja fisik, lingkungan kerja kimiawi, lingkungan kerja biologis dan lingkungan kerja psikologis.

2. Beban Kerja Oleh Faktor Internal

Faktor internal beban kerja adalah faktor yang berasal dari dalam tubuh akibat adanya reaksi dari beban kerja eksternal yang berpotensi sebagai *stress*, meliputi :

a. Faktor somatis (jenis kelamin, umur, ukuran, tubuh, status, gizi, kondisi kesehatan, dan sebagainya)

b. Faktor psikis (motivasi, persepsi, kepercayaan, keinginan, kepuasan, dan sebagainya)

2.12.2 Penilaian Beban Kerja Fisik

Penelitian beban kerja dapat dilakukan dengan dua metode secara objektif, yaitu metode penilaian langsung dan metode penilaian tidak langsung.

a. Metode Penilaian Langsung

Metode pengukuran langsung yaitu dengan mengukur energi yang dikeluarkan (*energy expenditure*) melalui asupan oksigen selama bekerja. Semakin berat beban kerja akan semakin banyak energi yang diperlukan untuk dikonsumsi. Meskipun metode pengukuran asupan oksigen lebih akurat, namun hanya dapat mengukur untuk waktu kerja yang singkat dan diperlukan peralatan yang mahal. Berikut adalah kategori beban kerja yang didasarkan pada metabolisme, separasi suhu tubuh dan denyut jantung.

Tabel 2.15 Kategori Beban Kerja Berdasarkan Metabolisme, Respirasi, Suhu Tubuh dan Denyut Jantung

Kategori Beban Kerja	Konsumsi Oksigen (1/min)	Ventilasi Paru (1/min)	Suhu Rektal (°C)	Denyut Jantung (denyut/min)
Ringan	0,5 - 1,0	11 - 20	37,5	75 - 100
Sedang	1,0 - 1,5	20 - 30	37,5 - 38,0	100 - 125
Berat	1,5 - 2,0	31 - 43	38,0 - 38,5	125 - 150
Sangat Berat	2,0 - 2,5	43 - 56	35,5 - 39,0	150 - 175
Sangat Berat Sekali	2,5 - 4,0	60 - 100	> 39	> 175

Sumber : Christensen (1991 : 169). *Encyclopedia of occupational Health and Safety*

VO2 Max adalah volume maksimal O2 yang diproses oleh tubuh manusia pada saat melakukan kegiatan yang intensif. Volume O2 max

ini adalah suatu tingkatan kemampuan tubuh yang dinyatakan dalam liter per menit atau milliliter/menit/kg berat badan

Tabel 2.16 Konsumsi Oksigen Maksimum (VO₂ Max) MI/(Kg-min)

Kategori	Umur			
	< 30	30 - 39	40 -49	> 50
Sangat Buruk	< 25.0	< 25.1	< 25.2	-
Buruk	25.0 - 33.7	25.0 - 30.1	25.0 - 26.4	25.0
Biasa	33.8 - 42.5	30.2 - 39.1	26.5 - 35.4	25.0 - 33.7
Baik	42.6 - 51.5	39.2 - 48.0	35.5 - 45.5	33.8 - 43.0
Sangat Baik	> 51.6	> 48.1	> 45.1	> 43.1

Sumber: (Eko Nurmianto) *Physiology of Body Movement*. Kansas State University

Dalam menentukan konsumsi energi biasanya digunakan suatu hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung yaitu:

$$E = 1,80411 - 0,0229038 + 4,71733 \times 10^{-4} X^2$$

Dimana :

E = Energi (Kkal/menit)

X = Kecepatan denyut jantung/nadi (denyut/menit)

b. Metode Penilaian Tidak Langsung

Metode penilaian tidak langsung adalah dengan menghitung denyut nadi selama bekerja. Pengukuran denyut jantung selama bekerja merupakan suatu metode menilai *cardiovascular strain* dengan metode 10 denyut (Kilbon, 1992) dimana dengan metode ini dapat dihitung nadi kerja sebagai berikut :

$$\text{Denyut Nadi (Denyut/Menit)} = \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{Waktu Perhitungan}} \times 60$$

Denyut nadi untuk mengestimasi indeks beban kerja fisik terdiri dari beberapa jenis yaitu :

- Denyut Nadi Istirahat (DNI) adalah rerata denyut nadi sebelum pekerjaan dimulai.
- Denyut Nadi Kerja (DNK) adalah rerata denyut nadi selama bekerja.
- Nadi Kerja (NK) adalah selisih antara denyut nadi istirahat dengan denyut nadi kerja.

Denyut nadi mempunyai peranan yang penting output sampai kerja maksimum. Peningkatan yang potensialnya dalam denyut nadi dari istirahat maksimum oleh Rodahl (1998) dalam Tarwaka, dkk (2004 : 101) didefinikasikan sebagai *Heart Rate Reverse (HR Reverse)* yang dideskripsikan dalam persentase yang dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\% \text{ HR Reverse} = \frac{DNK - DNI}{DN_{Max} - DNI} \times 100$$

Denyut Nadi Maximum (DNMax) adalah (220-umur) untuk laki-laki dan (200-umur) untuk wanita.

Untuk menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban *cardiovascular (cardiovascular load = % CVL)* yang dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\% \text{ CVL} = \frac{100 \times (DNK - DNI)}{DN_{Max} - DNI}$$

Dari hasil perhitungan % CVL kemudian dibandingkan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan.

Tabel 2.17 Klasifikasi Beban Kerja Berat Berdasarkan % CVL

% CVL	Klasifikasi % CVL
< 30 %	Tidak terjadi kelelahan
30 % - 60 %	Diperlukan perbaikan
60 % - 80 %	Kerja dalam waktu singkat
80 % - 100 %	Diperlukan tindakan segera
> 100 %	Tidak diperbolehkan beraktivitas

(Sumber : Renty Anugerah Mahaji Puteri (2017) Menentukan Beban Kerja Metode CVL

Selain cara-cara tersebut diatas, *cardiovascular strain* dapat diestimasi dengan menggunakan denyut nadi pemulihan atau dikenal dengan metode *Brouba*. Metode ini sama sekali tidak mengganggu atau menghentikan pekerjaan, karena (P) dihitung pada akhir 30 detik menit pertama, kedua dan ketiga (P1,P2,P3). Rerata dari tiga nilai tersebut dan dihubungkan dengan ketentuan.

- Jika $P1-P3 \geq 10$ atau $P1, P2, P3$ seluruhnya < 90 , nadi pemulihan normal.
- Jika rerata P1 yang tercatat ≤ 110 , dan $P1-P3 \geq 10$, maka beban kerja tidak berlebihan (*not excessive*).
- Jika $P1-P3 < 10$, dan jika $P3 > 90$, perlu perdesain pekerjaan.

Laju pemulihan denyut nadi dipengaruhi oleh nilai absolut denyut nadi pada ketergantungan pekerjaan (*the interruption of work*), tingkat kebugaran (*individual fit-mess*), dan pemaparan panas lingkungan. Jika

nadi pemulihan tidak segera tercapai, maka diperlakukan redesign pekerjaan untuk mengurangi tekanan fisik.

2.12.3 Total Metabolisme

Menurut Sritomo Wignjosoebroto (2006:272), Proses Metabolisme yang terjadi dalam tubuh manusia merupakan phase yang penting energi yang diperlukan untuk kerja fisik. Lewat proses metabolis akan dihasilkan panas dan energi yang diperlukan untuk kerja fisik (mekanis) lewat system otot manusia. Disini zat- zat makanan akan bersenyawa dengan oxygen (O_2) yang dihirup, terbakar dan menimbulkan panas serta energi mekanik.

Dalam literatur ergonomi besarnya energi yang dihasilkanakan dinyatakan dalam unit satuan yaitu “kilo kalori atau Kcal” atau “Kilo Joules (KJ)” bilamana akan dinyatakan dalam Satuan Standard Internasional (SI); dimana:

$$1 \text{ Kilocalorie (Kcal)} = 4,2 \text{ Kilojoules (KJ)}$$

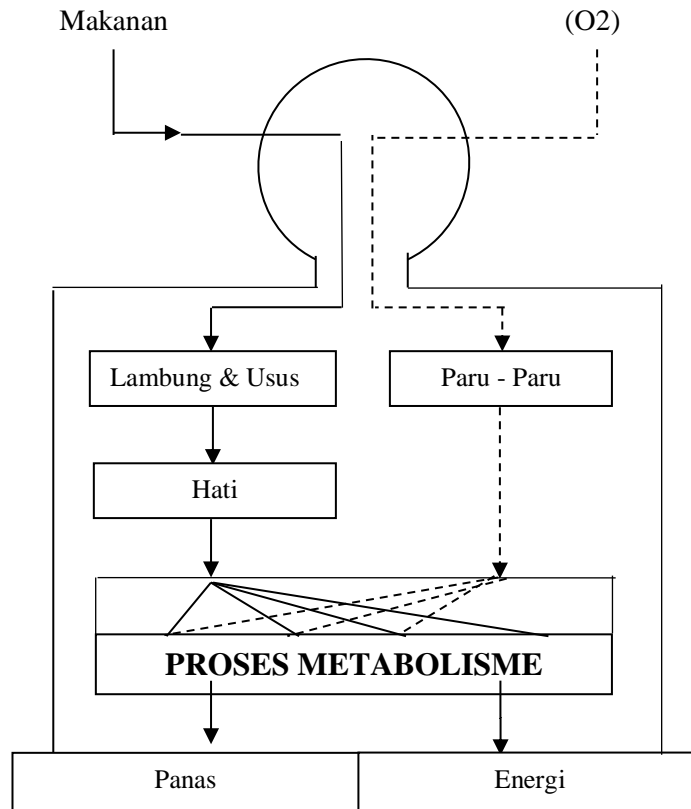
Nilai konversi diatas akan dapat berguna bilamana niai konsumsi energi diberikan dalam unit satuan “watt” ($1 \text{ watt} = 1 \text{ Joule/detik}$).

Selanjutnya dalam fisiologi kerja, energi yang di konsumsikan sering kali diukur secara langsung yaitu melalui konsumsi oxygen (O_2) yang dihisap. Dalam hal konversi bisa dinyatakan sebagai berikut :

$$1 \text{ Liter } O_2 = 4,8 \text{ Kcal} = 20 \text{ KJ}$$

Zat

Oxygen



Gambar 2.8 Proses Metabolisme Tubuh Manusia

Dari proses metabolisme tersebut diatas bahwa nilai kalori dari O₂ dari setiap liter oxygen menghasilkan energi rata-rata sebesar 4,8 Kcal atau 20 KJ atau sama dengan dikonversikan menjadi 1 liter oxygen yang dihasilkan tubuh manusia. Nilai konversi yang telah distandardkan untuk mengetahui berupa konsumsi energi (Kcal) yang diperlukan untuk melaksakan suatu bagian fisik.

Dapat diketahui konsumsi oxygen akan tetap diperlukan meskipun orang tidak melakukan aktivitas fisik. Kondisi seperti ini disebut sebagai “basal metabolisme”; dimana dalam kondisi seperti ini energi kimiawi dari makanan hampir seluruhnya akan dipakai untuk menjaga panas badan (36° C), agar manusia tetap “hidup” Adanya kerja fisik akan menyebabkan

penambahan energi. Kenaikan konsumsi energi dalam kerja fisik ini disebut “kalori kerja”, sehingga nilai konsumsi energi untuk kerja atau “metabolisme kerja dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\frac{\text{Konsumsi Energi untuk Kerja Fisik (Metabolisme Kerja)}}{\text{Basal Metabolisme (Nilai energi saat istirahat)}}$$

oleh berat badan, tinggi, dan kelamin seseorang sebagai acuan dasar metabolisme untuk :

- Pria dewasa, berat 70 Kg = 1,2 Kcal/menit atau sekitar 1.700 Kcal/24 jam.
- Wanita dewasa, berat 60 Kg = 1,0 Kcal/menit atau sekitar 1.450 Kcal/24 Jam.

2.12.4 Standar Untuk Energi Kerja

Menurut Sritomo Wignjosoebroto (2006:272), dari hasil penelitian kerja diperoleh kesimpulan bahwa 5,2 Kcal/menit akan diperimbangkan sebagai maksimum energi yang dikonsumsi untuk melaksanakan kerja fisik berat atau secara terus menerus. Nilai 5,2 Kcal/menit dapat pula dikonversikan dalam bentuk

Konsumsi Oxygen :

$$5,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{Menit}} = \frac{5,2}{4,8} = 1,08 = \frac{\text{Liter Oxygen}}{\text{Menit}}$$

Tenaga/daya :

$$5,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{Menit}} = 5,2 \times 4,2 \frac{\text{KJ}}{\text{Menit}} = 21,84 \frac{\text{KJ}}{\text{Menit}}$$

Atau

$$21,84 \frac{\text{KJ}}{\text{Menit}} \times \frac{1000}{60} = 236 \text{ Watt}$$

Bilamana metabolisme basal 1,2 Kcal/menit maka energi yang dikonsumsi untuk kerja fisik berat adalah (5,2 – 1,2 = 4,0 Kcal/menit). Nilai kalori kerja 5,2 pada kondisi kerja standard akan menyebabkan jantung berdetak sekitar 120 detik/menit.

2.12.5 Penentuan Waktu Istirahat untuk Kerja Berat

Seorang bekerja berat dengan konsumsi energi sebesar 5,2 Kcal/menit, maka pada saat itu akan timbul rasa lelah (*fatigue*). Masih mempunyai cadangan sebesar 25 Kcal sebelum munculnya asam laktat tanda mulainya waktu istirahat. Cadangan energi akan hilang jika bekerja lebih dari 5,0 Kcal/menit selama periode istirahat, sampai cadangan tersebut dibentuk kembali. Untuk menghitung jumlah waktu istirahat, baik sesuai jadwal atau tidak terjadwal dapat di formulasikan sebagai berikut :

Lama waktu periode istirahat

$$R = \frac{T(\bar{K}-S)}{\bar{K}-1,5} \text{ (menit)}$$

Dimana :

R = Waktu istirahat yang diperlukan (menit)

T = Total waktu yang dipergunakan untuk kerja (menit)

\bar{K} = Energi yang dikonsumsi untuk kerja (Kcal/menit)

S = Standard beban kerja normal yang diaplikasikan (Kcal/menit)

2.13 Software CATIA

CATIA (*Computer Aided Three Dimensional Interactive Application*) ialah suatu *software* desain yang dikembangkan *Dassault System*. *Software* ini berguna untuk membantu proses desain (CAD), yang memungkinkan proses-proses pemodelan seluruhnya dilakukan secara digital sehingga tidak diperlukan lagi gambar manual maupun model fisik. *Software* ini juga handal dalam memenuhi kriteria artistic, kelayakan mekanis, kenyamanan (ergonomis) dan juga kelayakan secara bisnis dari suatu produk. *Software* catia menyediakan solusi terpadu untuk menyederhanakan proses desain dan analisis sebuah struktur.

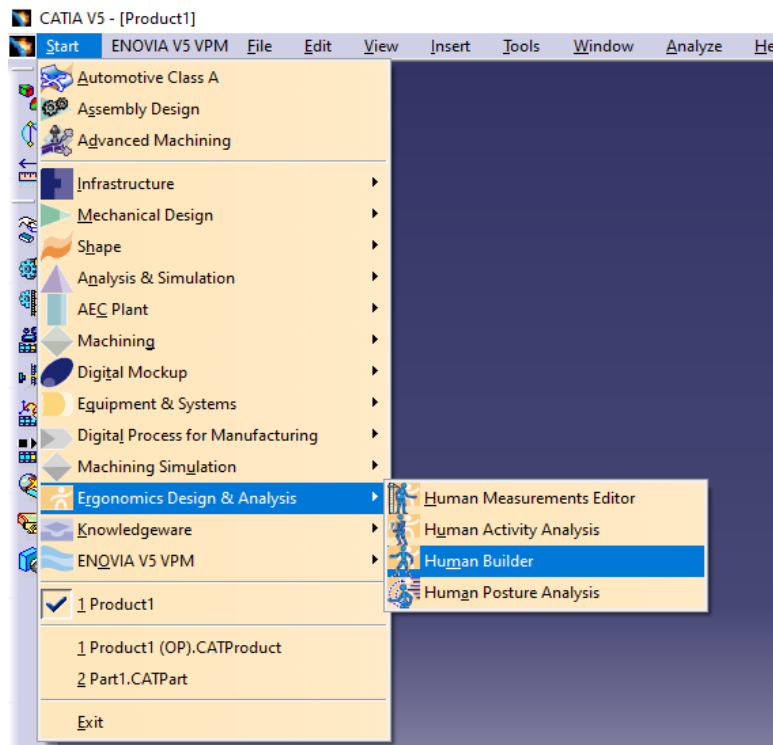
2.13.1 Pertimbangan Ilmiah Menggunakan Software CATIA

1. Aplikasi atau program catia mempunyai paparan lengkap dapat digunakan dalam semua bidang terutama bidang industri yang meliputi *mechanical desain, analysis, simulation dan aplikasi* lainnya.
2. Pemodelan suatu proses atau benda kerja dengan program catia relative sangat mudah bila dibandingkan dengan program lainnya memiliki kualitas atau akurasi yang tinggi.
3. Desain komponen atau desain filter dengan program catia selalu menghasilkan gambar yang akurat dengan produk yang

analisisnya ini digunakan untuk membandingkan suatu data yang actual.

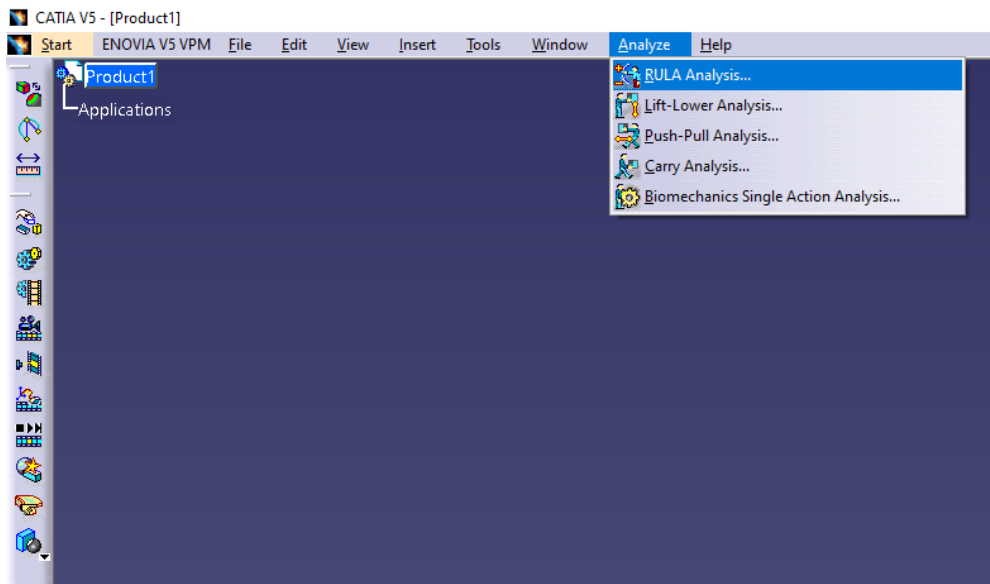
4. *Carry Analysis* ini untuk mempertimbangkan data yang actual yang dipakai sebagai beban maksimum yang dapat diterima untuk melakukan pekerjaan tersebut.

Langkah-langkah untuk memunculkan *Start* → *Ergonomics Tools* → *Ergonomics Design & Analysis* → *Human Builder*, maka ada tampilan toolbar seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.9 Menu untuk Membuat Postur Tubuh

Setelah membuat desain postur tubuh dapat dilakukan analisis ergonomi yaitu penilaian postur tubuh RULA dengan cara *Start* → *Ergonomics Tools* → *Ergonomics Design & Analysis* → *Human Activity Analysis* → *RULA Analysis* maka tampilan toolbar seperti berikut.

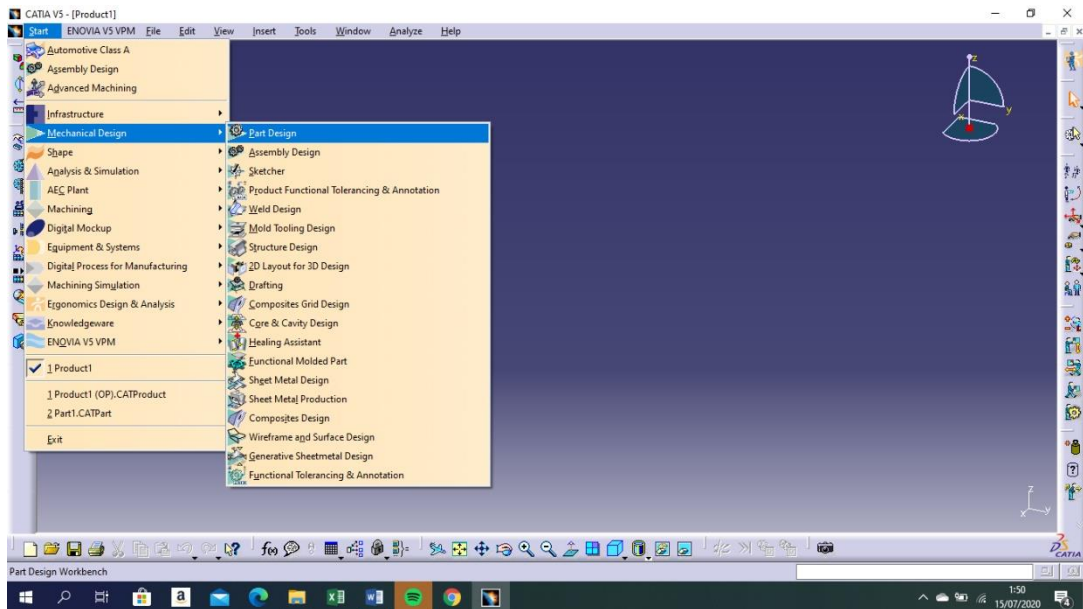


Gambar 2.10 Menu untuk RULA Analysis

2.13.2 Cara Mendesain Menggunakan CATIA

Mendesain suatu produk atau benda akan dilalui proses membuat sketsa, part kemudian assembly hingga menjadi satu keutuhan produk. Pada catia V5 desain produk dilakukan melalui menu *Mechanical Design*.







Proses pembuatan sketsa 2D dilakukan pada *tools Sketcher* dan untuk membuat 3D dari sketsa dilanjutkan pada *tools Part Deign*. Proses *assembly* untuk part-part 3D dilakukan di *tools Assembly Design* hingga menjadi satu keutuhan produk atau benda.








Gambar 2.11 Menu Catia V5

Berikut ini adalah *tools* yang ada di menu catia V5 yang sering digunakan untuk membuat sketsa di *Software* Catia, *tools* yang digunakan untuk mendesain suatu rancangan.








Tabel 2.18 *Toolbar* profil (1)

<i>Icon Toolbar</i>	Keterangan
 <i>Profile</i>	Untuk membuat <i>sketch</i> bebas dengan garis dan busur mengklik <i>icon</i> untuk mulai gambar
 <i>Rectangle</i>	Untuk membuat <i>sketch</i> berbentuk segi panjang mengklik <i>icon</i> pada <i>toolbar</i> untuk mulai gambar
 <i>Oriented Rectangle</i>	Untuk membuat <i>sketch</i> berbentuk persegi panjang dengan sudut kemiringan tertentu
 <i>Parallelogram</i>	Untuk membentuk <i>sketch</i> berbentuk jajar genjang
 <i>Hexagon</i>	Untuk membuat <i>sketch</i> berbentuk segi enam
 <i>Circle</i>	Untuk membuat <i>sketch</i> berbentuk lingkaran








Tabel 2.19 *Toolbar* profile (2)

<i>Icon Toolbar</i>	Keterangan
 <i>Three Point Circle</i>	<p>Untuk membuat <i>sketch</i> berbentuk lingkaran dengan referensi tiga titik.</p> <p>mengklik <i>icon</i> untuk mulai menggambar pada <i>plane</i> yang udah ada, menentukan tiga titik dari garis-garis yang sudah dibentuk sebelumnya di <i>plane</i> atau di bidang kerja. Kemudian akan terbentuk lingkaran dari garis-garis tersebut.</p>
 <i>Three Tangent Circle</i>	<p>Untuk membuat <i>sketch</i> berbentuk lingkaran dengan referensi tiga garis.</p> <p>Mengklik <i>icon</i> untuk memulai menggambar. Pada <i>plane</i> yang sudah ada, tentukan 3 titik dari garis-garis yang sudah dibentuk sebelumnya di <i>plane</i> atau bidang kerja. Kemudian akan terbentuk lingkaran garis-garis tersebut.</p>
 <i>Three Point Arc</i>	<p>Untuk membuat <i>sketch</i> berbentuk busur dengan referensi tiga titik.</p>
 <i>Three Point Arc Starting With Limits</i>	<p>Untuk membuat <i>sketch</i> berbentuk busur dengan busur dengan referensi tiga titik, dengan dua titik tetapnya terletak diujung busur.</p> <p>Langkah membuatnya :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengklik <i>toolbar 3paswl</i> - <i>icon</i> nya 2. Menentukan titik pertama dan kedua yang sejajar untuk menjadi ujung busur dalam membuat gambar lingkaran 3. Menentukan titi ketiga untuk mendapatkan diameter lingkaran yang diinginkan seperti pada gambar.
 <i>Arc</i>	<p>Untuk membuat <i>sketch</i> berbentuk busur dengan referensi dua titik.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengklik <i>icon arc</i> 2. Menentukan titik pertama dan kedua yang sejajar untuk menjadi ujung busur dalam membuat gambar lingkara 3. Kemudian muncul kotak dialog untuk membuat busur






Tabel 2.20 *Toolbar* profil (3)

<i>Icon Toolbar</i>	Keterangan
 <i>Spline</i>	Untuk menghubungkan titik-titik yang telah ditentukan dengan garis lengkung. Langkah membuatnya : 1. Mengklik <i>toolbar Spline icon</i> 2. Menentukan titik-titik untuk menjadi jalur garis <i>spline</i> 3. Mengklik 2 kali atau menekan tombol <i>Esc</i> untuk mengakhir garis <i>Spline</i>
 <i>Connect</i>	Untuk membuat busur yang akan menghubungkan dua buah garis. 1. Membuat dua garis 2. Mengklik <i>toolbar connect</i> dan dua ujung garis yang akan dihubungkan
 <i>Ellipse</i>	Untuk membuat <i>sketch</i> berbentuk ellipse. Langkah membuatnya : 1. Klik <i>toolbar Ellipse</i> 2. Gambar <i>ellipse</i> dengan toolbar tersebut dan geser <i>cursor</i> untuk menentukan lebar <i>ellipse</i> sesuai keinginan
 <i>Line</i>	Untuk membuat <i>sketch</i> garis. Mengklik <i>toolbar Line</i> , kemudian menarik garis sesuai keinginan
 <i>Bit Tangent Line</i>	Untuk membuat garis lurus yang akan menghubungkan dua buah <i>sketch</i> . Membuat dua busur lingkaran, mengklik <i>toolbar bit tangent line</i> . Kemudian mengklik dari ujung busur lingkaran yang akan digabungkan dengan garis lurus.
 <i>Axis</i>	Digunakan untuk membuat sebuah sumbu bantu
 <i>Print By Clicking</i>	Digunakan untuk membuat sebuah titik bantu

Tabel 2.21 *Toolbar* operasi (1)

<i>Icon Toolbar</i>	Keterangan
 <i>Corner</i>	<p>Untuk mengubah sudut dari garis menjadi sebuah busur lingkaran.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat 2 buah lingkaran yang berada pada ssatu sumbu 2. Kemudian memilih <i>toolbar corner</i>, mengklik pada ujung 2 buah lingkaran bagian kanan sehingga dengan sendirinya akan terhubung 3. Melakukan <i>corner</i> lagi pada bagian yang kiri
 <i>Chanfer</i>	<p>Untuk menghubungkan dua buah garis dengan sebuah garis lurus.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat dua buah lingkaran yang berbeda pada satu sumbu 2. Memilih <i>icon chanfer</i>, mengklik pada ujung 2 buah lingkaran bagian kanan sehingga dengan sendirinya akan terhubung seperti gambar 3. Melakukan <i>chanfer</i> lagi pada bagian yang kiri
 <i>Trim</i>	<p>Untuk menambah atau mengurangi suatu garis.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mmembuat duah buah lingkaran yang sesumbu 2. Memilih <i>toolbar trim</i> dan mengklik pada bagian lingkaran yang akan dihilangkan
 <i>Break</i>	<p>Untuk membagi suatu garis menjadi dua sambungan garis dengan cara menentukan letak garis yang akan dibagi.</p>
 <i>Quick Trim</i>	<p>Untuk menghapus garis yang dipilih.</p> <p>Mengklik <i>toolbar operation</i> , mengklik <i>quick rim</i>, memilih bagian objek yang dibuang</p>
 <i>Mirror</i>	<p>Untuk digunakan menduplikasikan dengan pencerminan</p> <p>Klik <i>icon mirror</i>, blok area yang akan dicerminkan dengan mouse.</p> <p>Mengklik pada sumbu simetri.</p>
 <i>Symmetri</i>	<p>Untuk memindahkan melalui pencerminan</p> <p>Mengklik <i>toolbar operation</i>, mengklik <i>symmetry</i>, memilih bagian yang akan dicerminkan , mengklik sumbur simetrinya</p>

Tabel 2.22 *Toolbar* operasi (2)

<i>Icon Toolbar</i>	Keterangan
 <i>Translate</i>	<p>Untuk memindahkan suatu garis atau meng-copy dari suatu garis dengan menentukan suatu titik acuan.</p> <p>Mengklik <i>toolbar operation</i>, mengklik <i>translate</i>, mengisi data pada tabel :</p> <p>Pada kolom <i>instance</i>, mengisi 3 (memperbanyak objek sebanyak 3), memilih objek yang akan diperbanyak, memilih <i>basepoint</i> (suatu titik). Pada kolom <i>value</i>, mengisi 10 (jarak antar objek 10 satuan). OK</p> <p>Kemudian mengatur arah perbanyakkan objek.</p>
 <i>Rotate</i>	<p>Untuk merotasikan suatu garis atau meng-copy dari suatu garis, dengan menentukan suatu titik acuan dan sumbu rotasi.</p> <p>Mengklik <i>toolbar operation</i>, mengklik <i>rotate</i>, mengisidata pada tabel yang muncul</p> <p>Pada <i>intance</i>, mengisi 6 objek (memperbanyak objek menjadi 6). Memilih objek yang akan diperbanyak. Memilih titik pusat perputaran perbanyakkan objek. Pada <i>value</i>, mengisi sudut masing-masing objek.</p>
 <i>Scale</i>	<p>Untuk mengubah ukuran suatu garis atau meng-copy, dari suatu garis, dengan cara mengubah skala dari ukuran garis sebelumnya dan menentukan titik acuannya.</p> <p>Mengklik <i>toolbar operation</i>, mengklik <i>scale</i>, maka akan muncul suatu tabel. Memilih objek uang akan diperkecil/pembesaran objek. Pada valu, mengisi 0,5 (pengecilan objek). OK</p>
 <i>Offset</i>	<p>Untuk mengubah ukuran suatu garis atau meng-copy,dari suatu garis, dengan cara mengubah skala dari ukuran garis sebelumnya dengan titik acuan yang telah ditentukan otomatis.</p> <p>Mengklik <i>toolbar operation</i>, mengklik <i>offset</i>. Memilih objek yang akan di <i>offset</i>. Memilih tempat meletakkan hasil <i>offset</i>.</p>
 <i>Constraint</i>	<p>Untuk memberikan ukuran pada objek dan sesuai dengan yang diinginkan.</p>

2.14 Uji Kecukupan dan Keseragaman Data

Uji kecukupan data adalah suatu proses yang dilakukan perhitungan terhadap data pengukuran yang diperoleh untuk mengetahui apakah tersebut sudah mencukupi untuk dilakukan perhitungan waktu baku. Menurut Sitalaksana (2006) pengujian dari kecukupan data dipengaruhi oleh faktor-faktor yaitu sebagai berikut:

a. Tingkat Ketelitian

Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum data hasil perhitungan terhadap nilai waktu yang sebenarnya.

b. Tingkat Kepercayaan

Tingkat kepercayaan menunjukkan besarnya probabilitas bahwa data yang sudah diambil berada dalam tingkat ketelitian yang sebelumnya telah ditentukan.

2.14.1 Uji Kecukupan Data

Untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan sudah cukup secara objektif maka diperlukan perhitungan uji kecukupan data. Pengujian kecukupan data dilakukan dengan berpedoman pada konsep statistik, yaitu tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan. Adapun rumus yang digunakan dalam pengujian keseragaman data adalah :

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \Sigma x^2} - (\Sigma x)^2}{\Sigma x} \right]^2$$

Dimana : N' = jumlah data teoritis

k = tingkat keyakinan

s = tingkat ketelitian

N = jumlah data pengamatan

x = nilai data pengamatan

Penentuan k/s jika data yang diambil maka yang anda kumpulkan itu sebesar 99%, artinya data tersebut sangat yakin kebenarannya, ketelitiannya sehingga menggunakan $k = 99\% = 3$ sehingga error yang ditimbulkan hanyalah 1%, artinya data tersebut yang dipakai $s = 1\%$ misal data yang diambil tidak yakin ada kemungkinan kesalahan pengambilan data akibat mengantuk, lengah dan sebagainya sebesar $s = 5\%$ sehingga $k = 95\%$.

➤ Tingkat kepercayaan dalam pengamatan (k)

Jika tingkat keyakinan 99%, maka $k = 2,58 \approx 3$

Jika tingkat keyakinan 95%, maka $k = 1,96 \approx 2$

Jika tingkat keyakinan 68%, maka $k = 1$

➤ Tingkat ketelitian dalam pengamatan (s)

Jika tingkat keyakinan 99%, maka $s = 1\%$

Jika tingkat keyakinan 95%, maka $s = 5\%$

Jadi jika $N' \leq N$, maka data sudah cukup, jika $N' > N$, maka data belum cukup.

2.14.2 Uji Keseragaman Data

Untuk memastikan bahwa data yang terkumpul itu cukup maka dilakukan pengujian terhadap keseragaman data, guna memisahkan data yang memiliki karakteristik yang berbeda.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Dimana : σ = Standar Deviasi

\bar{x} = Nilai data rata-rata

N = Jumlah data

Dari rumus diatas maka didapatkan untuk menghitung Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB).

$$BKA = \bar{x} + k \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

$$BKB = \bar{x} - k \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

Dimana : BKA = Batas Kontrol Atas

BKB = Batas Kontrol Bawah

BAB III

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1. Gambaran Umum Perusahaan

3.1.1 Profile dan Sejarah Perusahaan

PT. Koyo Jaya Indonesia adalah salah satu group dari perusahaan Koyo Radiator Manufacturing Co.Ltd yang berada di Nagoya Aichi Jepang. Awal berdiri Koyo Radiator Manufacturing Co.Ltd yaitu pada bulan Desember tahun 1959 yang didirikan oleh Kazumoto Fjiri.

PT. Koyo Jaya Indonesia sendiri berdiri pada bulan Februari tahun 1994 yang terletak di Kawasan Industri MM2100 Cikarang Barat – Bekasi dengan status perusahaan PMA (Perusahaan Manufacturing Asing) dengan kepemilikan saham yang terdapat di PT. Koyo Jaya Indonesia yaitu 83 % sekitar US\$ 1.750.000.saham milik Koyo Radiator Manufacturing Co.Ltd dan 17 % sekitar 7.500 lembar saham milik PT. Lautan Jaya Kumala.

Adapun produksi yang dibuat oleh PT. Koyo Jaya Indonesia adalah Radiator, Cindensor dan Komponen untuk kendaraan bermotor roda empat atau lebih. PT. Koyo Jaya Indonesia adalah salah satu factory terbesar yang dimiliki oleh Koyo Radiator Manufacturing Co.Ltd diantara factory lainnya dan menjadi salah satu factory yang produksi Radiator Condensor dan Komponennya menembus pasar Internasional. Pada tahun 2002 bulan Oktober PT. Koyo Jaya Indonesia mendapatkan sertifikasi ISO 9001 : 200. Semakin maju dan berkembangnya PT. Koyo Jaya Indonesia dengan pesat

pada tahun 2010. PT. Koyo Jaya Indonesia mendapatkan sertifikasi ISO 9001 : 2018 dan tahun 2017 mendapatkan sertifikasi ISO 2015.

Seiring berjalannya waktu PT. Koyo Jaya Indonesia semakin lama semakin maju dan semakin berkualitas hasil produksinya, sehingga perusahaan berkembang dimana yang semula hanya 1 gedung, yaitu Office dan CPP (Copper Product Plant) bertambah menjadi 4 gedung baru dengan departemen yang berbeda diantaranya yaitu APP (Aluminium Product Plant), PCP (Product Component Plant), Inventory dan Warehouse

Sampai dengan sekarang ini PT. Koyo Jaya Indonesia sendiri masih menjaga kualitas, kuantitas dan persaingan semakin ketat dipasar Internasional. PT. Koyo Jaya Indonesia masih dipercaya oleh para customernya. Dalam pencapaiannya yang sekarang dimana produksi PT. Koyo Jaya Indonesia mencapai pasar Internasional tidak lepas dari Visi dan Misi yang dimiliki oleh PT. Koyo Jaya Indonesia dalam dunia Radiator Manufacturing. Adapun Visi Misi yang menjadikan PT. Koyo Jaya Indonesia bertahan sampai dengan tahun ke-24 yaitu sebagai berikut.

3.1.2 Visi dan Misi

➤ Visi

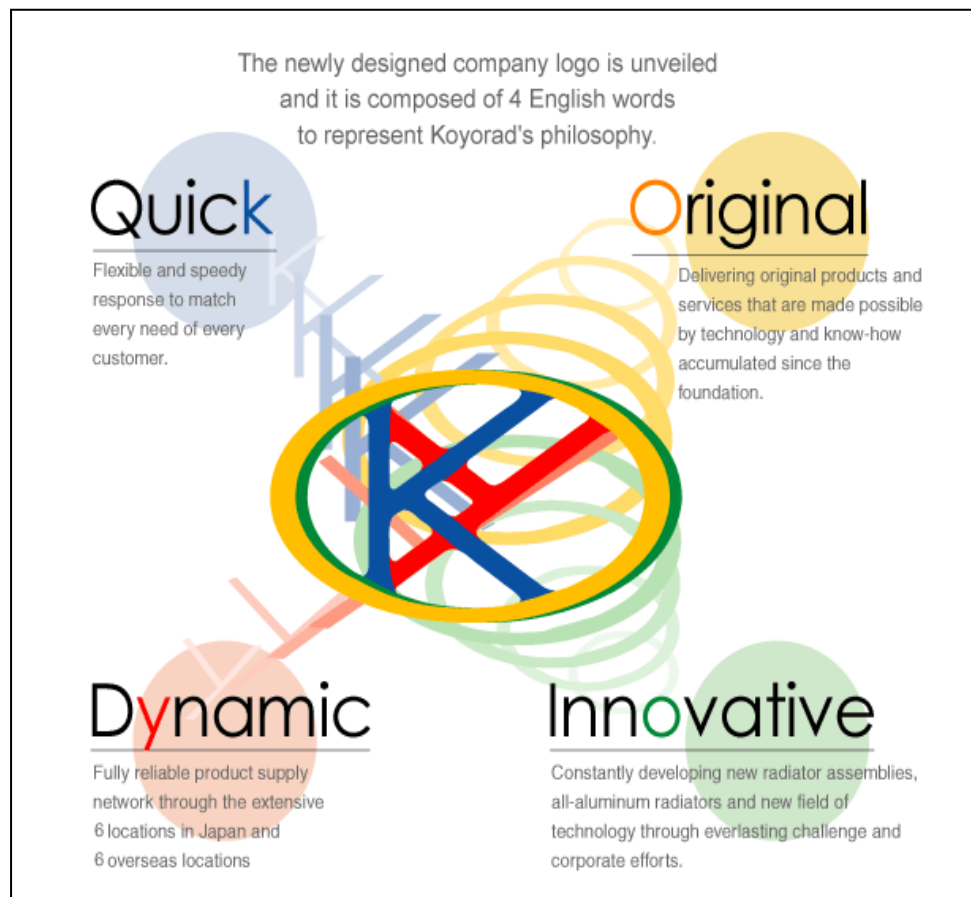
Menjadikan perusahaan dengan pandangan kedepan dan kesiapan untuk menghadapi dinamika dunia usaha dan perdagangan, bertanggung jawab memberikan kontribusi bagi pengembangan pribadi yang terampil, pemimpin dalam industry aftermarket radiator.

➤ Misi

Menghasilkan Radiator untuk semua kendaraan yang diproduksi di seluruh dunia dan memberikan kesempatan pendidikan dan pelatihan kepada karyawan untuk mengembangkan profesionalisme dalam menjalankan tugasnya.

➤ Corporate Philosophy

PT. Koyo Jaya Indonesia mempunyai philosophy Quick, Original, Dynamic dan Inovatif agar berjalannya perusahaan sesuai dengan fungsinya.



Sumber : PT. Koyo Jaya Indonesia

Gambar 3.1 Corporate Philosophy

Makna dari logo PT. Koyo Jaya Indonesia dengan desain oval berwarna kuning dan hijau serta huruf di dalam oval tersendiri yaitu huruf K dan Y

dengan paduan warna biru dan memiliki slogan QODI dengan makna dan arti sebagai berikut :

- Quick (Cepat)

Respons yang fleksibel dan cepat untuk mencocokkan setiap kebutuhan setiap pelanggan.

- Original (Asli)

Menghadirkan produk dan layanan yang dimungkinkan oleh teknologi dan tahu bagaimana akumulasi sejak pencabutan.

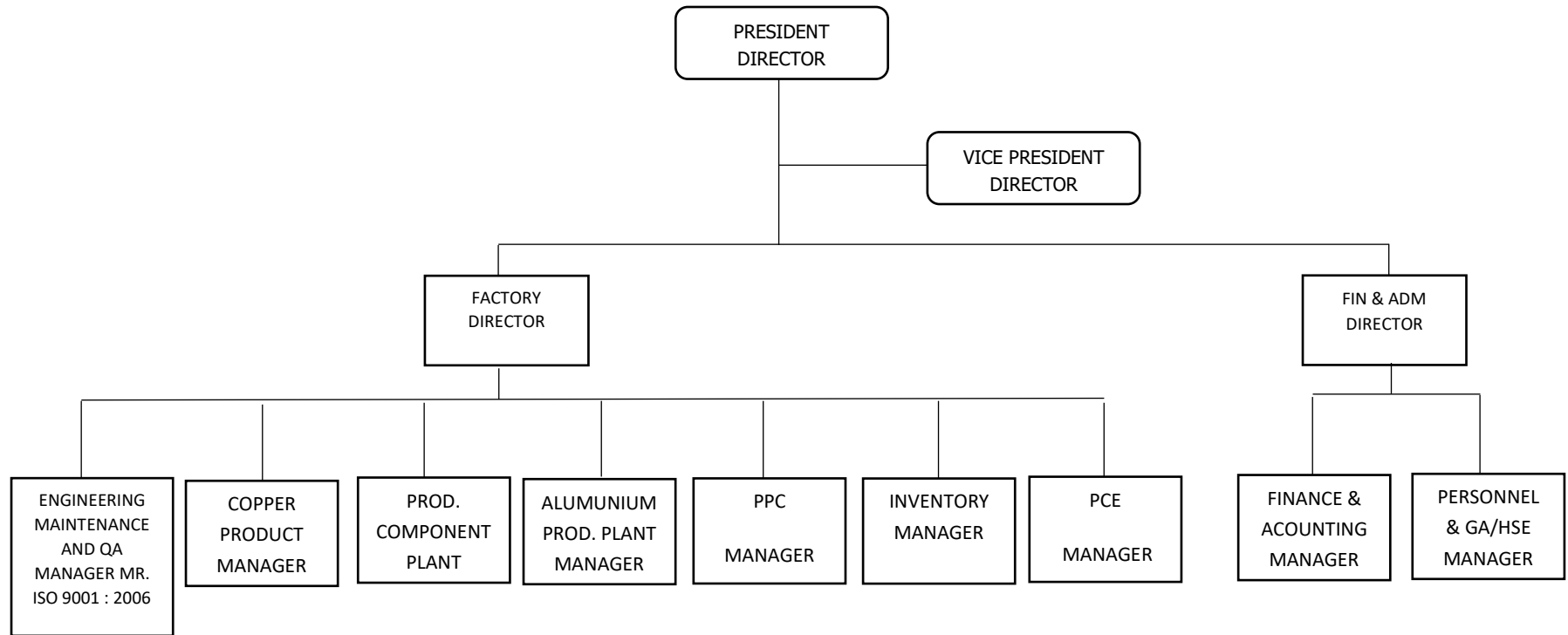
- Dynamic (Dinamis)

Jaringan pasokan produk sepenuhnya dapat diandalkan melalui 6 lokasi luas di Jepang dan 6 lokasi di luar negeri.

- Innovative (Inovasi)

Terus-menerus mengembangkan rakitan radiator baru semua – alumunium radiator dan bidang teknologi baru melalui tantangan abadi dan upaya perusahaan.

3.1.3 Struktur Organisasi



Sumber : PT. Koyo Jaya Indonesia

Gambar 3.2 Struktur Organisasi PT. Koyo Jaya Indonesia

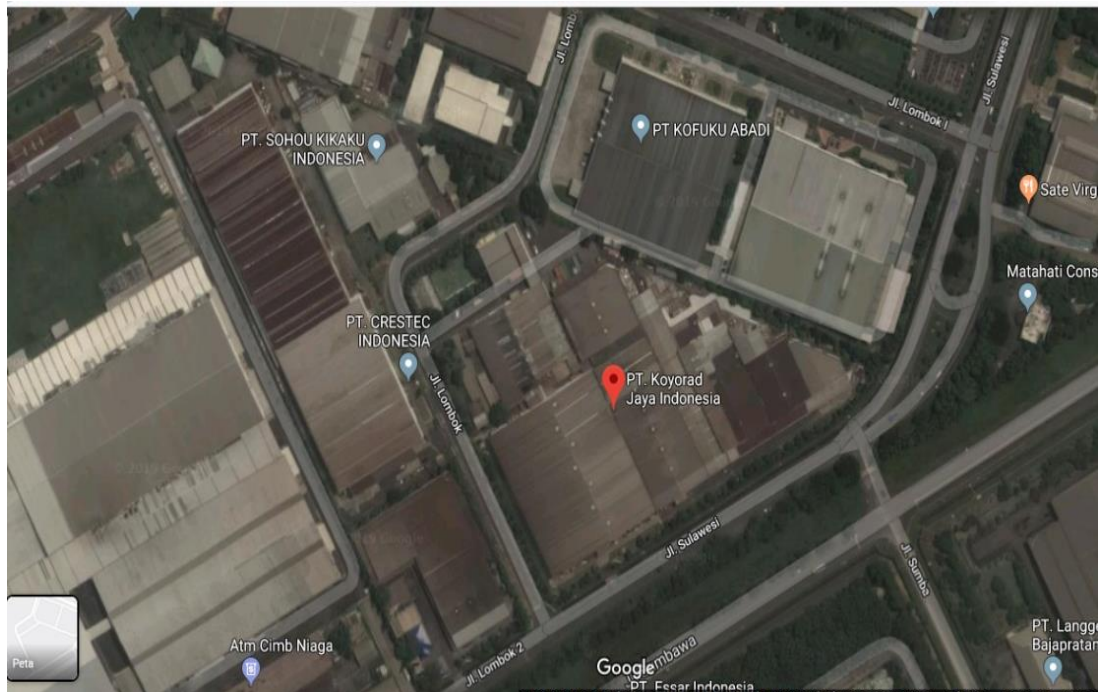
3.1.4 Lokasi dan Tata Letak Bangunan

PT. Koyo Jaya Indonesia ini lokasi bersebelahan dengan perusahaan perusahaan industri lainnya, yang lebih jelasnya berlokasi di Kawasan MM2100 Blok N 3-7. Jalan Lombok, Gandamekar, Cikarang Barat, Bekasi 17520. Deskripsi lokasi adalah sebagai berikut

:

- Batas Utara : PT. Sohau Kikaku Industri
- Batas Selatan : PT. AKS Precision Ball Indonesia
- Batas Barat : PT. Crestec Indonesia
- Batas Timur : Jalan Sulawesi

Lokasi PT. Koyo Jaya Indonesia dan wilayah dapat dilihat pada Gambar 3.3



Sumber : Google Maps

Gambar 3.3 Lokasi PT. Koyo Jaya Indonesia

3.1.5 Layout PT. Koyo Jaya Indonesia



Sumber : PT. Koyo Jaya Indonesia

Gambar 3.4 Layout PT. Koyo Jaya Indonesia

Tabel 3.1 Area Schedule PT. Koyo Jaya Indonesia

AREA	LUAS		
<i>Factory 1</i>	48	m x 47.08	m 2.260.00 m ²
<i>Factory 2</i>	83.6	m x 36.54	m 3.055.00 m ²
<i>Factory 3</i>	87	m x 48.18	m 4.192.00 m ²
<i>Factory 4</i>	83.6	m x 75	m 6.273.00 m ²
<i>Warehouse</i>	38	m x 46.3	m 1.760.00 m ²
<i>Canteen</i>	23	m x 39.1	m 900.00 m ²
<i>Guard House</i>	4	m x 3	m 12.00 m ²
<i>Pump Room</i>	5.5	m x 5.5	m 30.00 m ²
<i>CL House</i>	4	m x 5	m 20.00 m ²
<i>Bin Centre</i>	11.4	m x 7	m 80.00 m ²
LUAS TOTAL			18.582.00 m²

Sumber : PT. Koyo Jaya Indonesia

Factory Manufacturing

FACTORY 1 : COPPER PRODUCT PLANT (CPP)

- Fin and Tube Forming
- Assembling
- Brazing
- Painting
- Quality Control
- Packing
- Main Office

FACTORY 2 : INVENTORY (IVT)

- Ready Stock Radiator
- Spare Part
- Packing

FACTORY 3 : ALUMINIUM PRODUCT PLANT (APP)

- Fin and Tube Forming
- Assembling
- Brazing
- Quality Control
- Packing
- EDP Office

FACTORY 4 : PRODUCT COMPONENT PLANT (PCP)

- Stamping
- Plastic Injection
- Welding
- Mold and Dies Repair
- Machining
- Quality Control
- EDM Office

WAREHOUSE : OPERATIONAL (OPR)

- Import
- Logistic
- Inventory
- PPC

3.1.6 Tenaga Kerja

Tenaga kerja PT. Koyo Jaya Indonesia terdiri atas Warga Negara Indonesia (WNI) dan Warga Negara (Asing), sebagian besar

staf dan karyawan perusahaan ini Warga Negara Indonesia dengan jumlah lebih dari 600 karyawan.

3.1.7 Energi yang digunakan

PT. Koyo Jaya Indonesia memiliki fasilitas yang dapat menunjang berjalannya kelancaran produksi, salah satunya pengadaan air, listrik, dan angin, Air ini digunakan untuk kebutuhan sarana area Toilet tidak hanya itu air juga berguna untuk keperluan produksi, pencucian peralatan dan lain sebagainya. Energi listrik diperoleh dari PT. PLN dengan daya 1000 Kva, 220 V digunakan untuk sarana perkantoran dan kantin, fasilitas lainnya berupa pengoperasian 2 unit generator dengan daya masing-masing 3800 Kva, 220 V dan memiliki compressor room dengan tekanan 20 CFM pada 60 PSI konsumsi 230-240 V guna berjalannya produksi untuk departemen Product Component Plant (PCP).

3.1.8 Jam Kerja

Untuk jam kerja PT. Koyo Jaya Indonesia dibagi 2 shift yaitu shift pagi untuk staf manajemen dan karyawan yang sesuai dengan penempatan bekerjanya dan shift malam untuk karyawan yang penempatannya produksi, untuk yang bekerja sebagai karyawan operator produksi diterapkannya system overtime masing-masing shift 2 jam lamanya. Waktu bekerja PT. Koyo Jaya Indonesia yaitu : 5 hari dengan total jam kerja 8 jam/shift :

- Shift Pagi : 07.00 – 16.00 WIB

- Shift Malam : 19.00 – 04.00 WIB

Penerapan jam istirahat terbagi menjadi tiga bagian,

- Shift Pagi : 09.30 – 09.40 (istirahat sejenak 10 menit)

12.00 – 12.30 (istirahat makan 30 menit)

- Shift Malam : 21.00 – 21.10 (istirahat sejenak 10 menit)

11.30 – 12.00 (istirahat makan 50 menit)

Penerapan jam lembur karyawan PT. Koyo Jaya Indonesia

Jam lembur mengikuti planning sesuai dengan jobdesk dari PPIC. Jika output tidak mencapai target maka karyawan melakukan overtime selama 2 jam diakhir jam kerja normal. Tidak hanya dihari kerja, jam lembur juga diberlakukan dihari libur selama 8 jam sehingga stock output yang dihasilkan mencukupi.

3.1.9 Target Produksi

Berdasarkan data perusahaan, untuk departemen Product Commpnent Plan dalam proses produksi P-Tank mesin injeksi 2 shift atau 1 hari kerja dapat diperoleh hasil output produksi yang dihitung berdasarkan faktor penyesuaian dan kelonggaran pribadi dari operator yakni dengan target 920 Pcs/shift.

Produk yang dihasilkan oleh PT. Koyo Jaya Indonesia antara lain :

- Side Plate
- Copper Core – Copper Heater

- Olate Fin Core
- Hand Made Bass Tank
- Aluminum Core + Plastic Tank
- Parallel Flow Condisioner With Drayer
- Parallel Flow Condisioner Parts
- Hand Made Alumunium Taku
- Aluminium Performance Radiator

3.2. Pengumpulan Data

3.2.1 Data Penilaian Beban Kerja Fisik

Data nadi kerja didapat dari pengukuran denyut nadi ketika operator sedang bekerja, penilaian beban kerja dapat dilakukan dengan dua metode secara objektif, yaitu metode penilaian langsung dan metode penilaian tidak langsung.

Pengambilan waktu Nadi Kerja ini tidak mengganggu ketika operator mesin injeksi bekerja karena menggunakan alat smartwatch yang berfungsi untuk mengetahui 10 denyut nadi berapa detik.

Tabel 3.2 Data Waktu Nadi Kerja Operator Injeksi Koyo 1 (X₁)

No	Nama	X _i																														Jumlah
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Joko Susilo	5,72	5,98	6,75	8,54	5,78	5,33	5,96	6,70	8,35	7,56	8,92	5,67	8,91	8,54	7,75	7,16	8,33	8,59	6,11	8,45	6,68	7,99	6,14	5,50	8,37	8,80	5,78	7,44	7,35	8,72	217,86
2	Ahmad Aunurrofik	7,98	8,65	6,42	8,81	5,60	6,62	7,58	8,01	5,03	8,01	7,60	8,18	6,17	5,17	5,92	6,17	7,47	6,72	8,06	8,07	7,18	7,64	7,21	5,11	6,30	5,57	6,84	8,22	6,08	8,28	210,68
3	Hadi Prayitno	8,96	8,54	7,49	8,91	8,50	7,62	5,78	7,19	7,30	6,52	7,95	7,83	5,91	7,33	5,35	8,75	5,19	5,49	7,38	8,82	5,14	6,61	7,52	8,53	8,02	5,42	5,59	6,02	8,18	5,99	213,84
4	Slamet Kiswanto	7,47	5,56	8,99	7,58	5,45	5,80	7,58	7,92	8,56	5,56	5,32	8,58	7,67	6,51	5,87	8,87	7,83	6,75	6,94	5,66	5,30	5,72	8,73	5,71	5,21	7,08	5,98	8,89	5,31	7,68	206,08
5	Suhendra	7,53	5,13	7,94	6,66	8,76	8,31	8,85	7,40	8,72	8,43	5,46	5,53	5,57	5,12	8,19	8,53	6,92	6,34	5,07	8,24	6,61	6,53	7,92	7,24	8,97	8,83	6,05	7,03	6,47	5,04	213,35
6	Walidan	6,74	5,27	5,10	7,66	5,60	8,97	6,84	5,47	8,66	5,24	8,52	5,29	5,57	8,61	8,78	6,47	6,95	7,29	8,91	8,20	6,72	8,92	6,15	5,33	8,93	5,06	7,52	8,25	6,75	8,22	211,99
7	Puryadi	7,57	8,07	6,31	7,64	8,00	7,26	6,80	8,85	8,18	7,89	8,68	5,53	6,48	7,32	8,23	6,26	6,95	5,56	5,97	7,37	7,14	8,26	7,11	8,49	6,47	6,04	8,23	5,23	5,83	7,71	215,45
8	Nanang Junaedi	6,29	7,37	7,98	5,82	7,34	7,69	8,39	6,39	6,85	8,66	6,71	6,05	8,39	7,74	7,37	5,78	8,64	5,10	6,97	6,69	6,50	7,18	6,79	5,66	7,15	7,48	7,47	5,54	5,06	8,47	209,55
9	Arief Mulyono	5,22	6,04	5,26	5,32	8,99	6,22	6,22	5,34	7,93	8,38	7,65	5,07	7,56	8,56	6,51	6,87	8,92	6,71	5,50	6,34	5,15	5,96	6,52	6,02	7,52	7,19	7,36	7,38	5,72	7,93	201,39
10	Gunawan Wiradikusuma	8,56	8,86	7,47	6,62	6,03	7,67	6,78	8,76	7,99	6,64	8,45	7,63	6,89	7,46	7,96	7,36	8,86	8,11	6,25	6,49	5,32	6,48	6,19	8,50	5,22	6,14	6,73	6,51	7,76	6,16	215,86
		\bar{x}																														7,05

Tabel 3.3 Data Waktu Nadi Kerja Operator Injeksi Koyo 2 (X_2)

No	Nama	X_2																														Jumlah
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Agus Setiawan	5,93	6,04	8,75	5,51	7,87	7,07	8,37	6,55	6,40	5,63	7,33	6,75	7,15	7,86	6,98	8,01	6,06	8,31	6,62	6,80	5,93	8,78	5,95	6,25	6,21	7,01	7,68	7,85	7,42	7,89	210,95
2	Adi Triyono	7,12	7,09	6,32	7,87	8,70	5,41	5,13	8,28	6,84	8,99	6,07	7,57	5,42	5,44	6,39	7,01	6,73	8,94	7,17	6,59	5,03	6,66	7,41	6,80	6,98	7,48	5,59	5,23	5,14	5,86	201,26
3	Jatmiko	7,20	7,20	8,01	6,55	5,24	6,65	6,79	5,93	5,76	8,92	8,72	7,19	7,06	7,21	7,17	7,66	5,37	7,82	5,83	8,30	6,16	7,67	8,19	8,53	5,10	7,83	6,09	5,15	7,96	7,18	210,45
4	Syamsul Huda	8,68	7,44	7,27	8,00	5,84	7,76	5,35	7,26	7,08	6,62	7,49	6,16	5,81	7,51	8,08	7,77	6,96	7,70	8,82	8,39	6,15	6,78	8,22	8,94	8,89	8,31	8,02	5,26	7,57	7,44	221,58
5	Zaenal Arifin M	5,52	9,00	7,29	6,78	6,61	7,17	8,75	6,03	7,49	8,22	6,74	8,24	7,60	6,93	6,54	6,61	7,46	7,67	6,02	7,58	7,42	5,60	5,43	5,11	8,84	5,85	7,61	6,21	8,42	5,37	210,10
6	Ihwanudin	5,49	5,92	6,71	5,33	5,69	7,52	8,45	8,14	7,85	5,85	8,85	5,24	8,35	7,48	5,09	7,75	5,20	8,92	8,01	5,30	7,53	6,13	5,95	8,24	5,83	6,06	8,06	5,49	5,44	8,61	204,49
7	Rifki Saputra	7,15	6,58	7,24	7,87	5,14	7,41	5,77	6,64	6,58	8,58	8,21	6,92	8,16	5,08	7,80	8,13	6,46	5,02	8,55	5,05	5,02	6,18	6,21	8,90	6,99	8,16	6,59	6,87	5,60	5,21	204,05
8	Sudirman Rahman	8,23	7,88	5,52	6,36	6,30	7,30	6,42	5,30	6,71	5,82	8,01	7,46	6,71	5,81	6,75	8,71	7,86	5,67	8,57	7,76	6,42	6,89	6,75	5,70	8,91	8,51	6,62	5,09	5,74	6,40	206,18
9	Khafidz Maulana	8,21	8,29	8,75	6,35	5,70	5,86	7,04	7,97	6,14	6,93	6,74	5,42	6,25	8,37	6,54	6,26	5,61	7,12	7,55	7,83	8,73	8,23	6,11	8,21	7,11	6,84	6,99	6,21	6,45	7,19	211,00
10	Nesin	7,68	7,24	8,29	7,29	6,51	6,63	7,00	6,66	5,74	6,85	5,91	5,66	7,46	5,02	6,28	5,62	8,62	7,72	7,80	7,32	5,47	6,80	6,52	7,87	7,48	5,70	8,48	7,94	5,40	6,54	205,49
		\bar{x}																														6,95

3.2.2 Data Keluhan Pekerja

Pada saat melakukan pengecekan dan wawancara langsung dengan beberapa operator di Koyo 1 dengan leader Joko Susilo dan Koyo 2 dengan Agus Setiawan proses produksi P-TANK tentang apa saja yang dirasakan saat bekerja dengan kondisi yang sekarang, maka didapat sebagai berikut :

Tabel 3.4 Hasil Rekapitulasi Kuisisioner *Nordic Body Map* Koyo 1 (10 Operator)

No	Bagian Tubuh	Jumlah Keluhan			
		Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sakit Sekali
1	Leher	6	0	4	0
2	Bahu	4	6	0	0
3	Lengan	0	8	2	0
4	Punggung	3	0	7	0
5	Pinggang	3	0	7	0
6	Pantat	3	7	0	0
7	Siku	0	10	0	0
8	Tangan	0	0	10	0
9	Paha	0	10	0	0
10	Lutut	5	5	0	0
11	Betis Kaki	7	0	3	0
12	Pergelangan Kaki	0	10	0	0

Tabel 3.5 Hasil Rekapitulasi Kuisisioner *Nordic Body Map* Koyo 2 (10 Operator)

No	Bagian Tubuh	Jumlah Keluhan			
		Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sakit Sekali
1	Leher	7	1	2	0
2	Bahu	1	7	2	0
3	Lengan	0	8	2	0
4	Punggung	3	0	7	0
5	Pinggang	3	1	6	0
6	Pantat	3	7	0	0
7	Siku	0	10	0	0
8	Tangan	0	0	10	0
9	Paha	0	7	3	0
10	Lutut	4	6	0	0
11	Betis Kaki	7	1	2	0
12	Pergelangan Kaki	0	8	2	0

3.2.3 Data Waktu Proses

Data yang diperlukan untuk melakukan 1 siklus pekerjaan pada operator mesin injeksi dengan cara melakukan pengamatan secara terus menerus dari menyalahkan dehummer, mesin heater mold, pemasangan moalding ke mesin injeksi, centering noozle, penggilangan biji plastik, proses injeksi, dan pemotongan bari-bari P-Tank untuk sample 1 operator sebagai berikut :

Tabel 3.6 Pengukuran Waktu Siklus

No	Menyalakan Dehumber	Mesin Heater Mold	Pemasangan Molding ke Mesin Injeksi	Centering Noozle	Penggilingan Tank	Proses Injeksi	Pemotongan Bari P-Tank
1	45,2	158,2	247,8	92,5	122,5	80,2	53,2
2	43,7	157,3	246,4	87,3	128,0	81,4	56,2
3	42,4	157,0	238,2	89,4	125,2	79,3	59,5
4	48,9	158,2	238,1	87,2	121,7	79,2	54,0
5	41,0	156,1	254,6	89,7	124,2	79,3	59,6
6	43,3	158,2	237,8	80,6	127,2	78,4	54,9
7	42,5	159,9	244,1	80,5	126,8	79,3	52,8
8	41,3	157,3	236,7	78,2	124,9	80,4	56,2
9	43,5	158,0	244,0	79,9	125,4	80,5	58,1
10	46,5	157,3	258,0	79,5	123,7	81,1	52,5
11	41,4	156,4	246,3	78,9	128,5	80,0	57,1
12	41,6	157,9	248,7	80,8	126,9	82,8	56,3
13	50,9	159,1	246,8	84,9	125,3	81,4	58,1
14	43,6	156,9	254,8	81,5	127,4	78,3	53,5
15	43,2	157,7	239,3	78,9	128,0	81,5	59,2
16	47,1	159,5	246,1	79,9	111,7	80,9	58,4
17	42,0	160,3	248,8	80,6	126,8	80,4	55,6
18	44,2	156,8	243,9	83,1	117,3	80,4	57,6
19	40,6	158,3	245,3	82,0	123,4	79,8	57,3
20	46,3	158,6	236,4	81,4	127,6	81,4	54,3
21	42,5	159,2	238,0	81,9	129,0	81,8	55,2
22	42,3	159,5	242,4	80,6	115,9	81,2	56,7
23	44,7	158,9	237,6	83,2	129,4	80,0	53,5
24	49,9	159,2	241,2	81,9	128,6	80,2	54,6
25	45,2	160,4	239,0	80,9	126,4	82,1	57,3
26	44,9	158,9	247,8	83,1	117,3	81,0	54,8
27	42,6	161,8	253,1	81,3	127,9	79,2	58,1
28	42,1	160,3	258,8	82,7	126,8	80,5	56,2
29	43,5	160,4	250,7	80,9	127,1	80,2	59,2
30	43,6	159,2	249,3	82,5	114,8	79,9	55,8
Total	1320,5	4756,8	7360,0	2475,8	3735,7	2412,1	1633,3
x	44,017	158,560	245,333	82,527	124,523	80,403	54,443
Waktu Siklus							789,807

3.3. Pengolahan Data

Data-data yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan pengolahan data yang meliputi uji keseragaman dan kecukupan data, penilaian beban kerja dengan metode langsung dan metode tidak langsung, konsumsi energi total dan penentuan waktu istirahat berdasarkan beban kerja yang diperoleh operator mesin injeksi dimana setiap pekerja mempunyai lingkup pekerjaan yang berbeda.

3.3.1 Uji Kecukupan Data

Untuk memastikan data yang terkumpul harus dilakukan pengujian terhadap kecukupan data. Dalam hal ini tingkat keyakinan dan ketelitian sangat digunakan dalam menentukan besarnya standard deviasi (σ). Penggunaan tingkat keyakinan 90% $k = 1,65$ dan tingkat ketelitian 10% $s = 1,0$.

- Perhitungan uji kecukupan data waktu nadi kerja koyo 1

$$N' = \left[k/s \sqrt{\frac{N \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{\Sigma x}} \right]^2$$

Tabel 3.7 Hasil Perhitungan untuk Mencari Σx , Σx^2 , dan $(\Sigma x)^2$ kşoy 1

X_i																														Jumlah	Σx	$(\Sigma x)^2$	Σx^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
5,72	5,98	6,75	8,54	5,78	5,33	5,96	6,70	8,35	7,56	8,92	5,67	8,91	8,54	7,75	7,16	8,33	8,59	6,11	8,45	6,68	7,99	6,14	5,50	8,37	8,80	5,78	7,44	7,35	8,72	217,86	217,86	217,86	1625,98
7,98	8,65	6,42	8,81	5,60	6,62	7,58	8,01	5,03	8,01	7,60	8,18	6,17	5,17	5,92	6,17	7,47	6,72	8,06	8,07	7,18	7,64	7,21	5,11	6,30	5,57	6,84	8,22	6,08	8,28	210,68	210,68	210,68	1515,94
8,96	8,54	7,49	8,91	8,50	7,62	5,78	7,19	7,30	6,52	7,95	7,83	5,91	7,33	5,35	8,75	5,19	5,49	7,38	8,82	5,14	6,61	7,52	8,53	8,02	5,42	5,59	6,02	8,18	5,99	213,84	213,84	213,84	1571,21
7,47	5,56	8,99	7,58	5,45	5,80	7,58	7,92	8,56	5,56	5,32	8,58	7,67	6,51	5,87	8,87	7,83	6,75	6,94	5,66	5,30	5,72	8,73	5,71	5,21	7,08	5,98	8,89	5,31	7,68	206,08	206,08	206,08	1464,93
7,53	5,13	7,94	6,66	8,76	8,31	8,85	7,40	8,72	8,43	5,46	5,53	5,57	5,12	8,19	8,53	6,92	6,34	5,07	8,24	6,61	6,53	7,92	7,24	8,97	8,83	6,05	7,03	6,47	5,04	213,35	213,35	213,35	1568,07
6,74	5,27	5,10	7,66	5,60	8,97	6,84	5,47	8,66	5,24	8,52	5,29	5,57	8,61	8,78	6,47	6,95	7,29	8,91	8,20	6,72	8,92	6,15	5,33	8,93	5,06	7,52	8,25	6,75	8,22	211,99	211,99	211,99	1555,63
7,57	8,07	6,31	7,64	8,00	7,26	6,80	8,85	8,18	7,89	8,68	5,53	6,48	7,32	8,23	6,26	6,95	5,56	5,97	7,37	7,14	8,26	7,11	8,49	6,47	6,04	8,23	5,23	5,83	7,71	215,45	215,45	215,45	1577,65
6,29	7,37	7,98	5,82	7,34	7,69	8,39	6,39	6,85	8,66	6,71	6,05	8,39	7,74	7,37	5,78	8,64	5,10	6,97	6,69	6,50	7,18	6,79	5,66	7,15	7,48	7,47	5,54	5,06	8,47	209,55	209,55	209,55	1494,60
5,22	6,04	5,26	5,32	8,99	6,22	6,22	5,34	7,93	8,38	7,65	5,07	7,56	8,56	6,51	6,87	8,92	6,71	5,50	6,34	5,15	5,96	6,52	6,02	7,52	7,19	7,36	7,38	5,72	7,93	201,39	201,39	201,39	1392,45
8,56	8,86	7,47	6,62	6,03	7,67	6,78	8,76	7,99	6,64	8,45	7,63	6,89	7,46	7,96	7,36	8,86	8,11	6,25	6,49	5,32	6,48	6,19	8,50	5,22	6,14	6,73	6,51	7,76	6,16	215,86	215,86	215,86	1584,72
\bar{x}																														7,05	2116,05	4477677,07	15351,19

$$N' = \left[k/s \sqrt{\frac{N \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{\Sigma x}} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{1,39}{1,0} \sqrt{\frac{300 \cdot 15351,19 - (2116,05)^2}{2116,05}} \right]^2$$

$$N' = \left[1,39 \sqrt{\frac{4605355,63 - 4477677,07}{2116,05}} \right]^2$$

$$N' = [1,39 \sqrt{60,34}]^2$$

$$N' = [10,79]^2$$

$$N' = 116,43$$

Jadi berdasarkan hasil perhitungan diatas dimana $116,43 \leq 300$, maka dianggap data sudah cukup

3.3.2 Uji Keseragaman Data

Untuk memastikan bahwa data yang terkumpul itu cukup maka dilakukan pengujian terhadap keseragaman data, guna memisahkan data yang memiliki karakteristik yang berbeda.

- Perhitungan uji keseragaman data waktu nadi kerja koyo 1

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Tabel 3.8 Hasil Perhitungan Untuk Mencari $\Sigma (x - \bar{x})^2$ koyo 1

$(x - \bar{x})^2$																												Jumlah		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29	30
1,78	1,15	0,09	2,22	1,62	2,99	1,20	0,12	1,68	0,26	3,48	1,92	3,43	2,22	0,48	0,01	1,63	2,37	0,89	1,96	0,14	0,88	0,83	2,42	1,73	3,03	1,61	0,15	0,09	2,77	45,16
0,86	2,56	0,40	3,10	2,12	0,18	0,28	0,92	4,08	0,92	0,30	1,26	0,78	3,55	1,29	0,79	0,17	0,11	1,01	1,03	0,02	0,34	0,02	3,79	0,57	2,20	0,04	1,35	0,94	1,49	36,47
3,63	2,22	0,19	3,44	2,09	0,32	1,63	0,02	0,06	0,28	0,81	0,61	1,31	0,08	2,91	2,88	3,47	2,43	0,11	3,14	3,65	0,20	0,22	2,18	0,94	2,68	2,15	1,06	1,27	1,12	47,12
0,17	2,22	3,74	0,28	2,58	1,56	0,27	0,75	2,27	2,24	3,02	2,34	0,38	0,30	1,40	3,31	0,61	0,09	0,01	1,94	3,09	1,77	2,80	1,79	3,39	0,00	1,15	3,36	3,05	0,40	50,26
0,23	3,70	0,78	0,16	2,90	1,57	3,23	0,12	2,76	1,89	2,55	2,33	2,20	3,73	1,28	2,17	0,02	0,51	3,92	1,42	0,20	0,27	0,74	0,03	3,68	3,15	1,01	0,00	0,34	4,07	50,96
0,10	3,17	3,82	0,37	2,11	3,67	0,05	2,51	2,59	3,29	2,14	3,10	2,19	2,42	2,97	0,34	0,01	0,06	3,43	1,32	0,11	3,48	0,81	2,97	3,53	3,99	0,22	1,43	0,09	1,35	57,64
0,27	1,04	0,55	0,35	0,89	0,04	0,06	3,24	1,26	0,70	2,65	2,31	0,33	0,07	1,38	0,63	0,01	2,22	1,18	0,10	0,01	1,45	0,00	2,06	0,34	1,02	1,38	3,34	1,51	0,43	30,83
0,58	0,10	0,85	1,51	0,08	0,40	1,80	0,44	0,04	2,58	0,12	1,00	1,80	0,48	0,10	1,61	2,53	3,83	0,01	0,13	0,30	0,02	0,07	1,93	0,01	0,18	0,18	2,29	3,99	2,02	30,97
3,38	1,02	3,22	2,99	3,76	0,70	0,69	2,94	0,77	1,76	0,36	3,94	0,25	2,26	0,29	0,03	3,49	0,12	2,41	0,51	3,61	1,20	0,28	1,06	0,21	0,02	0,10	0,11	1,78	0,77	44,04
2,26	3,27	0,17	0,19	1,05	0,38	0,07	2,91	0,88	0,17	1,96	0,33	0,03	0,17	0,82	0,09	3,26	1,12	0,64	0,32	3,02	0,32	0,75	2,09	3,35	0,83	0,11	0,29	0,50	0,80	32,15
Σ																												425,60		

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{425,60}{300 - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{425,60}{299}}$$

$$\sigma = \sqrt{1,42}$$

$$\sigma = 1,20$$

➤ Menghitung Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB)

- Batas Kontrol Atas

$$\text{BKA} = \bar{x} + k \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

$$\text{BKA} = 7,05 + 1,3 \cdot 1,20$$

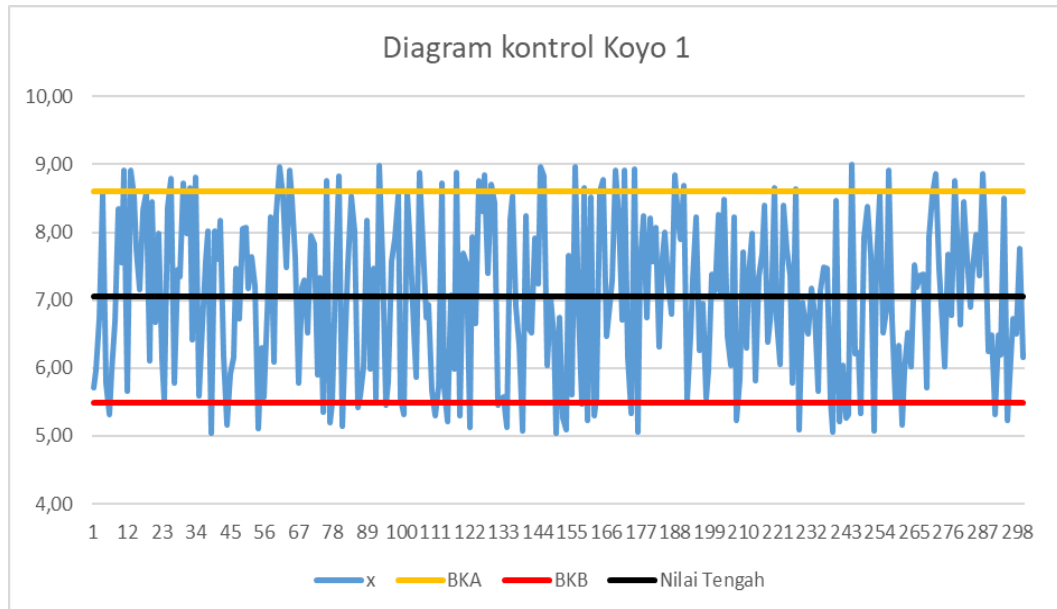
$$\text{BKA} = 8,61$$

- Batas Kontrol Bawah

$$\text{BKB} = \bar{x} - k \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

$$\text{BKB} = 7,05 - 1,3 \cdot 1,20$$

$$\text{BKB} = 5,49$$



Gambar 3.5 Diagram Kontrol Koyo 1

Hasil perhitungan uji keseragaman dan kecukupan data koyo 1 setelah dibuat diagram control masih masuk dalam range dan ada juga yang tidak masuk range artinya maka data tersebut dikatakan seragam.

➤ Perhitungan uji kecukupan data koyo 2

$$N' = \left[k/s \sqrt{\frac{N \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{\Sigma x}} \right]^2$$

Tabel 3.9 Hasil perhitungan untuk mencari Σx , Σx^2 , dan $(\Sigma x)^2$ k²yo 2

X_i																														Jumlah	Σx	$(\Sigma x)^2$	Σx^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
5,93	6,04	8,75	5,51	7,87	7,07	8,37	6,55	6,40	5,63	7,33	6,75	7,15	7,86	6,98	8,01	6,06	8,31	6,62	6,80	5,93	8,78	5,95	6,25	6,21	7,01	7,68	7,85	7,42	7,89	210,95	210,95	210,95	1509,26
7,12	7,09	6,32	7,87	8,70	5,41	5,13	8,28	6,84	8,99	6,07	7,57	5,42	5,44	6,39	7,01	6,73	8,94	7,17	6,59	5,03	6,66	7,41	6,80	6,98	7,48	5,59	5,23	5,14	5,86	201,26	201,26	201,26	1388,34
7,20	7,20	8,01	6,55	5,24	6,65	6,79	5,93	5,76	8,92	8,72	7,19	7,06	7,21	7,17	7,66	5,37	7,82	5,83	8,30	6,16	7,67	8,19	8,53	5,10	7,83	6,09	5,15	7,96	7,18	210,45	210,45	210,45	1511,62
8,68	7,44	7,27	8,00	5,84	7,76	5,35	7,26	7,08	6,62	7,49	6,16	5,81	7,51	8,08	7,77	6,96	7,70	8,82	8,39	6,15	6,78	8,22	8,94	8,89	8,31	8,02	5,26	7,57	7,44	221,58	221,58	221,58	1667,06
5,52	9,00	7,29	6,78	6,61	7,17	8,75	6,03	7,49	8,22	6,74	8,24	7,60	6,93	6,54	6,61	7,46	7,67	6,02	7,58	7,42	5,60	5,43	5,11	8,84	5,85	7,61	6,21	8,42	5,37	210,10	210,10	210,10	1506,44
5,49	5,92	6,71	5,33	5,69	7,52	8,45	8,14	7,85	5,85	8,85	5,24	8,35	7,48	5,09	7,75	5,20	8,92	8,01	5,30	7,53	6,13	5,95	8,24	5,83	6,06	8,06	5,49	5,44	8,61	204,49	204,49	204,49	1444,59
7,15	6,58	7,24	7,87	5,14	7,41	5,77	6,64	6,58	8,58	8,21	6,92	8,16	5,08	7,80	8,13	6,46	5,02	8,55	5,05	5,02	6,18	6,21	8,90	6,99	8,16	6,59	6,87	5,60	5,21	204,05	204,05	204,05	1430,06
8,23	7,88	5,52	6,36	6,30	7,30	6,42	5,30	6,71	5,82	8,01	7,46	6,71	5,81	6,75	8,71	7,86	5,67	8,57	7,76	6,42	6,89	6,75	5,70	8,91	8,51	6,62	5,09	5,74	6,40	206,18	206,18	206,18	1451,71
8,21	8,29	8,75	6,35	5,70	5,86	7,04	7,97	6,14	6,93	6,74	5,42	6,25	8,37	6,54	6,26	5,61	7,12	7,55	7,83	8,73	8,23	6,11	8,21	7,11	6,84	6,99	6,21	6,45	7,19	211,00	211,00	211,00	1511,78
7,68	7,24	8,29	7,29	6,51	6,63	7,00	6,66	5,74	6,85	5,91	5,66	7,46	5,02	6,28	5,62	8,62	7,72	7,80	7,32	5,47	6,80	6,52	7,87	7,48	5,70	8,48	7,94	5,40	6,54	205,49	205,49	205,49	1435,88
\bar{x}																														6,95	2085,57	4349593,80	14856,73

$$N' = \left[k/s \sqrt{\frac{N \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{\Sigma x}} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{1,39}{1,0} \sqrt{\frac{300 \cdot 14856,73 - (2085,57)^2}{2085,57}} \right]^2$$

$$N' = \left[1,39 \sqrt{\frac{4457019,18 - 4349593,80}{2085,57}} \right]^2$$

$$N' = [1,39 \sqrt{51.51}]^2$$

$$N' = [9,97]^2$$

$$N' = 99,41$$

Jadi berdasarkan hasil perhitungan diatas dimana $99,41 \leq 300$, maka dianggap data sudah cukup

➤ Perhitungan uji keseragaman data koyo 2

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Tabel 3.10 Hasil Perhitungan Untuk Mencari $\Sigma (x - \bar{x})^2$ koyo 2

$(x - \bar{x})^2$																														Jumlah
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1,04	0,83	3,22	2,08	0,84	0,01	2,00	0,16	0,31	1,76	0,14	0,04	0,04	0,82	0,00	1,12	0,80	1,85	0,11	0,02	1,05	3,34	1,00	0,49	0,56	0,00	0,53	0,81	0,22	0,88	26,10
0,03	0,02	0,40	0,85	3,06	2,38	3,33	1,77	0,01	4,16	0,78	0,38	2,36	2,29	0,31	0,00	0,05	3,95	0,05	0,13	3,68	0,08	0,21	0,02	0,00	0,28	1,85	2,98	3,27	1,19	39,88
0,06	0,06	1,12	0,16	2,93	0,09	0,03	1,04	1,41	3,86	3,14	0,06	0,01	0,07	0,05	0,50	2,51	0,75	1,26	1,82	0,62	0,52	1,53	2,48	3,43	0,77	0,74	3,25	1,03	0,05	35,37
2,97	0,24	0,10	1,10	1,24	0,65	2,57	0,10	0,02	0,11	0,29	0,63	1,30	0,31	1,28	0,68	0,00	0,56	3,49	2,08	0,65	0,03	1,60	3,93	3,76	1,85	1,15	2,85	0,39	0,24	36,14
2,04	4,18	0,11	0,03	0,12	0,05	3,25	0,85	0,29	1,60	0,05	1,65	0,42	0,00	0,17	0,12	0,25	0,52	0,87	0,39	0,22	1,82	2,32	3,38	3,57	1,20	0,43	0,56	2,14	2,49	35,10
2,13	1,06	0,06	2,63	1,59	0,32	2,23	1,41	0,80	1,21	3,61	2,93	1,95	0,28	3,47	0,64	3,06	3,87	1,12	2,71	0,33	0,68	1,00	1,66	1,25	0,79	1,24	2,14	2,28	2,76	51,22
0,04	0,14	0,08	0,84	3,29	0,21	1,40	0,10	0,14	2,66	1,58	0,00	1,46	3,50	0,72	1,38	0,24	3,72	2,55	3,61	3,74	0,60	0,55	3,80	0,00	1,47	0,13	0,01	1,82	3,04	42,83
1,64	0,87	2,05	0,35	0,43	0,12	0,29	2,71	0,06	1,27	1,13	0,26	0,06	1,30	0,04	3,09	0,83	1,63	2,62	0,65	0,28	0,00	0,04	1,58	3,81	2,42	0,11	3,46	1,46	0,31	34,89
1,58	1,79	3,23	0,36	1,58	1,18	0,01	1,04	0,65	0,00	0,05	2,36	0,49	2,02	0,17	0,48	1,80	0,03	0,36	0,77	3,18	1,64	0,72	1,58	0,03	0,01	0,00	0,55	0,25	0,06	27,95
0,53	0,08	1,80	0,12	0,20	0,11	0,00	0,08	1,48	0,01	1,08	1,67	0,26	3,73	0,45	1,79	2,77	0,58	0,71	0,13	2,20	0,02	0,18	0,85	0,28	1,58	2,34	0,98	2,42	0,17	28,60
Σ																														358,08

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{358,08}{300 - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{358,08}{299}}$$

$$\sigma = \sqrt{1,19}$$

$$\sigma = 1,09$$

➤ Menghitung Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB)

- Batas Kontrol Atas

$$\text{BKA} = \bar{x} + k \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

$$\text{BKA} = 6,95 + 1,65 \cdot 1,09$$

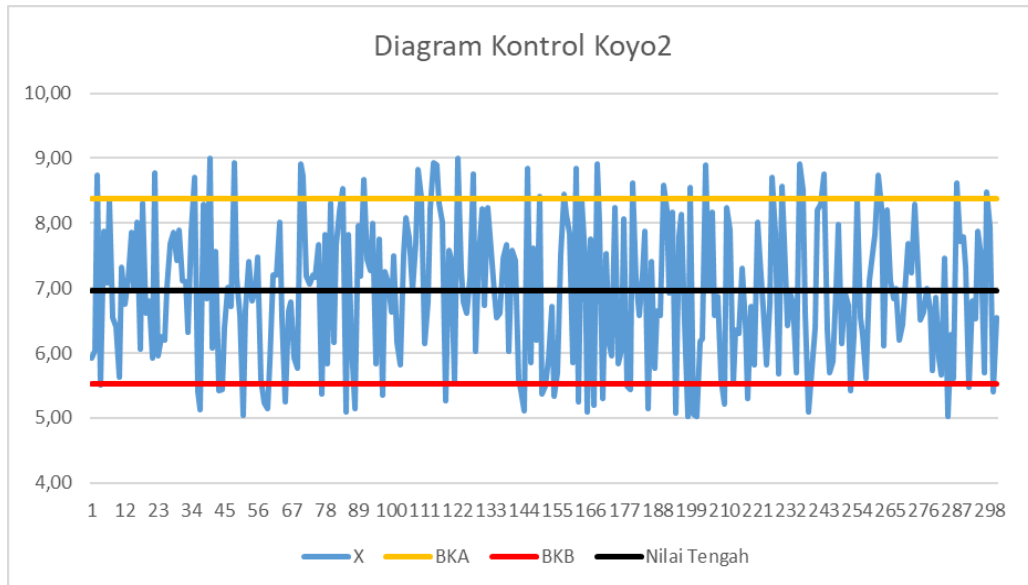
$$\text{BKA} = 8,37$$

- Batas Kontrol Bawah

$$\text{BKB} = \bar{x} - k \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

$$\text{BKB} = 6,95 - 1,65 \cdot 1,09$$

$$\text{BKB} = 5,53$$



Gambar 3.6 Diagram Kontrol Koyo 2

Hasil perhitungan uji keseragaman dan kecukupan data koyo 1 setelah dibuat diagram control masih masuk dalam range dan ada juga yang tidak masuk range artinya maka data tersebut dikatakan seragam.

3.3.3 Menghitung Beban Kerja Dengan Metode Tidak Langsung

Metode tidak langsung untuk menghitung beban kerja adalah suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain*. Salah satu peralatan yang dapat digunakan untuk menghitung denyut nadi adalah telemetri dengan rangsangan *Electro Cardio Graph* (ECG). Apabila peralatan tersebut tidak ada maka dapat digunakan *stopwatch* dengan metode 10 denyut nadi.

➤ Perhitungan Koyo 1

$$\text{Denyut Nadi (Denyut/Menit)} = \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{Waktu Penghitungan}} \times 60$$

Selain metode 10 denyut nadi tersebut dapat juga dilakukan perhitungan denyut nadi dengan 15 detik atau 30 detik, tetapi metode itu untuk menilai berat ringannya beban kerja. Mempunyai keuntungan, selain mudah; cepat dan murah tidak harus diperlukan peralatan yang mahal serta hasilnya cukup reliabel karena dapat mengganggu proses kerja. Denyut nadi akan segera berubah seirama dengan perubahan pembebanan, baik yang berasal dari pembebanan mekanik, fisik maupun kimiawi.

Tabel 3.11 Data Waktu 10 Denyut Nadi Kerja Operator Injeksi Koyo 1

No	Nama	Umur (Tahun)	DNI (Detik)	DNK (Detik)																														Rata-rata (Detik)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Joko Susilo	40	8,76	5,72	5,98	6,75	8,54	5,78	5,33	5,96	6,70	8,35	7,56	8,92	5,67	8,91	8,54	7,75	7,16	8,33	8,59	6,11	8,45	6,68	7,99	6,14	5,50	8,37	8,80	5,78	7,44	7,35	8,72	7,26
2	Ahmad Aunurrofik	40	8,81	7,98	8,65	6,42	8,81	5,60	6,62	7,58	8,01	5,03	8,01	7,60	8,18	6,17	5,17	5,92	6,17	7,47	6,72	8,06	8,07	7,18	7,64	7,21	5,11	6,30	5,57	6,84	8,22	6,08	8,28	7,02
3	Hadi Prayitno	37	8,83	8,96	8,54	7,49	8,91	8,50	7,62	5,78	7,19	7,30	6,52	7,95	7,83	5,91	7,33	5,35	8,75	5,19	5,49	7,38	8,82	5,14	6,61	7,52	8,53	8,02	5,42	5,59	6,02	8,18	5,99	7,13
4	Slamet Kiswanto	34	8,83	7,47	5,56	8,99	7,58	5,45	5,80	7,58	7,92	8,56	5,56	5,32	8,58	7,67	6,51	5,87	8,87	7,83	6,75	6,94	5,66	5,30	5,72	8,73	5,71	5,21	7,08	5,98	8,89	5,31	7,68	6,87
5	Suhendra	36	8,94	7,53	5,13	7,94	6,66	8,76	8,31	8,85	7,40	8,72	8,43	5,46	5,53	5,57	5,12	8,19	8,53	6,92	6,34	5,07	8,24	6,61	6,53	7,92	7,24	8,97	8,83	6,05	7,03	6,47	5,04	7,11
6	Walidan	35	8,88	6,74	5,27	5,10	7,66	5,60	8,97	6,84	5,47	8,66	5,24	8,52	5,29	5,57	8,61	8,78	6,47	6,95	7,29	8,91	8,20	6,72	8,92	6,15	5,33	8,93	5,06	7,52	8,25	6,75	8,22	7,07
7	Puryadi	35	8,87	7,57	8,07	6,31	7,64	8,00	7,26	6,80	8,85	8,18	7,89	8,68	5,53	6,48	7,32	8,23	6,26	6,95	5,56	5,97	7,37	7,14	8,26	7,11	8,49	6,47	6,04	8,23	5,23	5,83	7,71	7,18
8	Nanang Junaedi	33	8,86	6,29	7,37	7,98	5,82	7,34	7,69	8,39	6,39	6,85	8,66	6,71	6,05	8,39	7,74	7,37	5,78	8,64	5,10	6,97	6,69	6,50	7,18	6,79	5,66	7,15	7,48	7,47	5,54	5,06	8,47	6,99
9	Arief Mulyono	37	8,88	5,22	6,04	5,26	5,32	8,99	6,22	6,22	5,34	7,93	8,38	7,65	5,07	7,56	8,56	6,51	6,87	8,92	6,71	5,50	6,34	5,15	5,96	6,52	6,02	7,52	7,19	7,36	7,38	5,72	7,93	6,71
10	Gunawan Wiradikusuma	36	8,91	8,56	8,86	7,47	6,62	6,03	7,67	6,78	8,76	7,99	6,64	8,45	7,63	6,89	7,46	7,96	7,36	8,86	8,11	6,25	6,49	5,32	6,48	6,19	8,50	5,22	6,14	6,73	6,51	7,76	6,16	7,20

Keterangan

DNI : Denyut Nadi Istirahat

DNK : Denyut Nadi Kerja

- Pengukuran denyut nadi istirahat dilakukan pada saat sebelum memulai bekerja dan operator mulai bekerja.
 - Pengukuran DNK pertama pada pukul 8:30 WIB
 - Pengukuran DNK kedua pada pukul 10:30 WIB
 - Pengukuran DNK ketiga pada pukul 13:30 WIB
 - Pengukuran DNK keempat pada pukul 14:30 WIB

Hasil dari data waktu 10 denyut nadi kemudian dihitung persamaan metode 10 denyut nadi yang diperoleh dari denyut permenit (*Denyut/Menit*).

- Perhitungan Denyut Nadi Istirahat dengan metode 10 denyut, contoh untuk Joko Susilo :

$$\begin{aligned}
 \text{DNI (Detik)} &= 8,76 \\
 \text{Denyut Nadi (Denyut/Menit)} &= \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{Waktu Penghitungan}} \times 60 \\
 \text{DNI (Denyut/Menit)} &= \frac{10 \text{ Denyut}}{8,76} \times 60 \\
 &= 68,49
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Denyut Nadi Kerja dengan metode 10 denyut, contoh untuk Joko Susilo :

$$\begin{aligned}
 \text{DNK (Detik)} &= 5,72 \\
 \text{Denyut Nadi (Denyut/Menit)} &= \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{Waktu Penghitungan}} \times 60
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DNK (Denyut/Menit)} &= \frac{10 \text{ Denyut}}{5,72} \times 60 \\ &= 104,9 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh hasil seperti tabel dibawah ini, secara lengkap.

Tabel 3.12 Hasil perhitungan Denyut Nadi Kerja dengan metode 10 denyut Koyo 1

No	Nama	Umur (Tahun)	DNI (Detik)	DNK (Detik)																														Rata-rata (Detik)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Joko Susilo	40	68,49	104,92	100,35	88,85	70,22	103,76	112,67	100,71	89,54	71,87	79,38	67,26	105,89	67,37	70,23	77,45	83,79	72,01	69,82	98,22	70,98	89,80	75,10	97,72	109,10	71,70	68,22	103,74	80,60	81,68	68,83	85,06
2	Ahmad Aunurrofik	40	68,13	75,16	69,35	93,42	68,07	107,17	69,57	79,15	74,86	119,19	74,86	78,93	73,38	97,22	116,05	101,36	97,31	80,34	89,25	74,47	74,38	83,58	78,54	83,26	117,47	95,30	107,71	87,69	73,02	98,61	72,50	87,04
3	Hadi Prayitno	37	67,92	66,97	70,23	80,16	75,86	70,59	78,76	103,89	83,40	82,19	92,01	75,44	76,60	101,56	81,82	112,22	68,56	115,62	92,39	81,28	67,99	116,68	90,81	79,77	70,35	74,80	110,80	79,08	99,63	73,33	100,11	85,76
4	Slamet Kiswanto	34	67,98	80,31	91,41	66,76	79,14	110,14	68,14	79,20	75,76	70,09	107,96	82,02	69,92	78,23	92,18	102,24	67,63	76,61	88,86	86,50	105,97	113,27	104,84	68,75	104,99	115,10	84,75	100,29	67,52	113,05	78,07	87,66
5	Suhendra	36	67,09	79,69	116,95	75,59	90,16	68,51	72,24	67,79	81,10	68,84	71,19	109,96	79,72	91,32	97,99	73,30	70,37	86,67	94,65	118,26	72,78	90,83	91,90	75,79	82,90	66,88	67,97	99,24	85,35	92,72	119,11	85,33
6	Walidan	35	67,54	88,96	113,79	84,51	78,32	107,12	66,90	87,75	109,71	69,25	114,53	70,44	113,38	91,28	69,70	68,37	92,73	86,28	82,27	67,37	73,13	89,34	67,28	97,50	112,58	67,17	118,67	79,76	72,74	88,95	73,04	86,76
7	Punyadi	35	67,67	79,21	74,34	95,04	78,52	85,73	82,63	88,20	67,77	73,38	76,04	69,11	108,41	92,66	81,99	72,92	95,84	86,31	107,83	86,12	81,36	84,02	72,65	84,36	70,68	92,69	99,30	72,91	114,80	102,98	77,79	85,19
8	Nanang Junaedi	33	67,75	95,34	81,40	75,22	68,00	81,73	78,07	71,48	93,91	87,65	69,29	89,41	99,15	71,48	77,47	81,39	103,72	78,48	117,72	86,03	89,66	92,24	83,59	88,39	105,93	83,94	80,19	80,27	108,27	118,66	70,81	86,96
9	Arief Mulyono	37	67,54	83,15	99,32	72,64	94,89	66,71	96,53	83,05	81,75	101,12	71,59	78,41	84,89	79,41	70,12	92,11	87,31	75,95	89,37	109,09	94,63	97,49	66,96	92,03	99,63	79,82	83,40	81,48	81,30	104,91	75,64	85,82
10	Gunawan Wiradikusuma	36	67,37	70,11	67,71	80,36	90,66	99,50	78,21	88,43	68,49	75,09	90,34	70,97	78,68	87,02	80,42	75,38	81,52	67,74	73,97	95,95	92,51	95,00	92,53	96,96	70,60	114,87	97,69	89,20	92,13	77,31	97,41	84,56



Gambar 3.7 Smartwatch Alat Perhitungan Denyut Nadi

- Perhitungan Denyut Nadi Maksimum (DNMak) contoh untuk Joko Susilo:

DNMak : Denyut Nadi Maksimal (220–Umur pria);(200–Umur wanita)

: 220 – 40

: 180

- Perhitungan Nadi Kerja contoh untuk Joko Susilo :

NK Nadi Kerja : (DNK – DNI)

: 85,06 – 68,49

: 16,57

Tabel 3.13 Hasil perhitungan rekapitulasi Denyut Nadi Koyo 1

No	Nama	Umur (Tahun)	DNI (Detik)	DNK (Denyut/Menit)	DNMak (Denyut/Menit)	Nadi Kerja (Denyut/Menit)
1	Joko Susilo	40	68,49	85,06	180	16,57
2	Ahmad Aunurrofik	40	68,13	87,74	180	19,61
3	Hadi Prayitno	37	67,92	86,98	183	19,06
4	Slamet Kiswanto	34	67,98	90,41	186	22,43
5	Suhendra	36	67,09	87,47	184	20,38
6	Walidan	35	67,54	88,41	185	20,87
7	Puryadi	35	67,67	85,31	185	17,64
8	Nanang Junaedi	33	67,75	87,83	187	20,08
9	Arief Mulyono	37	67,54	92,06	183	24,52
10	Gunawan Wiradikusuma	36	67,37	85,15	184	17,79

Setelah mencari Nadi Kerja, jam kerja operator injeksi adalah 8 jam maka satuan menit diubah jam dengan cara berikut :

➤ Perhitungan Nadi Kerja contoh untuk Joko Susilo :

NK Nadi Kerja : Nadi Kerja x 8 jam

: 16,57 x 480

: 7953,19

Tabel 3.14 Hasil Perhitungan Nadi Kerja Koyo 1

No	Nama	Umur (Tahun)	DNI (Detik)	DNK (Denyut/menit)	DNMak (Denyut/Menit)	Nadi Kerja (Denyut/8 Jam)
1	Joko Susilo	40	68,49	85,06	180	7952,19
2	Ahmad Aunurrofik	40	68,13	87,04	180	9076,30
3	Hadi Prayitno	37	67,92	85,76	183	8562,96
4	Slamet Kiswanto	34	67,98	87,66	186	9446,81
5	Suhendra	36	67,09	85,33	184	8753,87
6	Walidan	35	67,54	86,76	185	9224,75
7	Puryadi	35	67,67	85,19	185	8408,10
8	Nanang Junaedi	33	67,75	86,96	187	9224,57
9	Arief Mulyono	37	67,54	85,82	183	8774,77
10	Gunawan Wiradikusuma	36	67,37	84,56	184	8252,60

Maka dapat dilakukan perhitungan mencari *Heart Rate Reverse* (%HR Reverse) dan *Cardiovascluar Load* (%CVL) contoh untuk Joko Susilo sebagai berikut :

(a) Perhitungan %HR Reverse

$$\begin{aligned} \%HR \text{ Reverse} &= \frac{DNK - DNI}{DN_{Mak} - DNI} \times 100 \\ &= \frac{7952,19 - 68,49}{180 - 68,49} \times 100 \end{aligned}$$

$$= 70,70 \%$$

(b) Perhitungan %CVL

$$\begin{aligned} \%CVL &= \frac{100 \times (DNK - DNI)}{DN_{Mak} - DNI} \\ &= \frac{100 \times (7952,19 - 68,49)}{180 - 68,49} \\ &= 70,70 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan mencari persentase HR Reverse dan CVL maka dibuat Rekap untuk menyimpulkan klasifikasi sesuai beban kerja Koyo 1.

Tabel 3.15 Hasil perhitungan *Heart Rate Reverse* dan *Cardiovascluar* Koyo 1

No	Nama	Umur (Tahun)	% HR Revers	% CVL	Klasifikasi
1	Joko Susilo	40	70,70	70,70	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
2	Ahmad Aunurrofik	40	80,52	80,52	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
3	Hadi Prayitno	37	73,82	73,82	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
4	Slamet Kiswanto	34	79,47	79,47	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
5	Suhendra	36	74,30	74,30	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
6	Walidan	35	77,96	77,96	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
7	Puryadi	35	71,08	71,08	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
8	Nanang Junaedi	33	76,78	76,78	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
9	Arief Mulyono	37	75,41	75,41	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
10	Gunawan Wiradikusuma	36	70,18	70,18	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)

Hasil perhitungan pada Koyo 1 *Cardiovasculair Load* (%CVL) artinya bahwa operator produksi mesin injeksi masuk kategori 60 % - <80 % dan dengan klasifikasi terjadi kelelahan kerja dalam waktu singkat.

Tabel 3.16 Nadi Pemulihan Koyo 1 Per 30 Detik

No	Nama	Umur (Tahun)	Nadi Pemulihan (Denyut/30 detik)		
			P1	P2	P3
1	Joko Susilo	40	43	41	37
2	Ahmad Aunurrofik	40	42	40	35
3	Hadi Prayitno	37	44	43	36
4	Slamet Kiswanto	34	46	42	34
5	Suhendra	36	41	40	34
6	Walidan	35	45	41	35
7	Puryadi	35	43	42	38
8	Nanang Junaedi	33	46	42	36
9	Arief Mulyono	37	42	40	36
10	Gunawan Wiradikusuma	36	44	41	34

Pada tabel 3.13 hasil dari pengukuran nadi pemulihan pada 30 detik menit pertama, kedua dan ketiga (P1,P2,P3) dikalikan 2 sehingga diperoleh denyut nadi pemulihan setiap denyut per menit (*Menyut/Menit*), seperti pada table berikut :

Tabel 3.17 Nadi Pemulihan Koyo 1 Per Menit

No	Nama	Umur (Tahun)	Nadi Pemulihan (Denyut/menit)			Rata-rata (Denyut/Menit)
			P1	P2	P3	
1	Joko Susilo	40	86	82	74	80,67
2	Ahmad Aunurrofik	40	84	80	70	78,00
3	Hadi Prayitno	37	88	86	72	82,00
4	Slamet Kiswanto	34	92	84	68	81,33
5	Suhendra	36	82	80	68	76,67
6	Walidan	35	90	82	70	80,67
7	Puryadi	35	86	84	76	82,00
8	Nanang Junaedi	33	92	84	72	82,67
9	Arief Mulyono	37	84	80	72	78,67
10	Gunawan Wiradikusuma	36	88	82	68	79,33
Rata-rata			87,2	82,4	71	80,20

Keterangan

P₁ : 30 detik pemulihan menit pertama

P₂ : 30 detik pemulihan menit kedua

P₃ : 30 detik pemulihan menit ketiga

Dengan hasil perhitungan nilai dengan ketentuan tersebut dapat dikatakan untuk Koyo 1 sebagai berikut :

- Rata-rata $P_1, P_2, P_3 = 80,20$ maka nadi pemulihan normal
- Rata-rata $P_1 = 87,2$ maka beban kerja tidak berlebihan
- Rata-rata $P_3 = 71$ maka nadi pemulihan normal dan tidak perlu desain pekerjaan ulang.

Maka dapat dihitung total pemulihan $P_1+P_2+P_3 = 80,20+87,2+71 = 238/3 = 79,46 \%$ dengan kesimpulan masuk kategori 60% - $<80 \%$ bekerja dalam waktu singkat.

- Perhitungan Koyo 2

$$\text{Denyut Nadi (Denyut/Menit)} = \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{Waktu Penghitungan}} \times 60$$

Tabel 3.18 Data Waktu 10 Denyut Nadi Kerja Operator Injeksi Koyo 2

No	Nama	Umur (Tahun)	DNI (Detik)	DNK (Detik)																														Rata-rata (Detik)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Agus Setiawan	39	8,40	6,93	6,04	8,75	5,51	7,87	7,07	8,37	7,55	5,40	5,63	7,33	6,75	7,15	7,86	6,98	6,01	6,06	8,31	6,62	6,80	6,93	8,78	5,95	5,25	6,21	6,01	7,68	7,85	7,42	7,89	6,97
2	Adi Triyono	36	8,67	7,12	7,09	7,32	7,87	8,70	7,41	5,13	8,28	6,84	8,99	6,07	7,57	6,42	6,44	6,39	7,01	6,73	8,94	7,17	6,59	6,03	6,66	7,41	6,80	6,98	7,48	6,59	5,23	5,14	5,86	6,94
3	Jatmiko	35	8,45	7,20	7,20	8,01	6,55	5,24	6,65	6,79	5,93	5,76	8,92	8,72	7,19	7,06	7,21	7,17	7,66	5,37	7,82	5,83	8,30	6,16	7,67	8,19	8,53	5,10	7,83	6,09	5,15	7,96	7,18	7,02
4	Syamsul Huda	32	8,51	7,68	7,44	7,27	7,00	5,84	7,76	5,35	7,26	7,08	6,62	6,49	6,16	5,81	7,51	8,08	5,77	6,96	5,70	5,82	6,39	6,15	6,78	8,22	8,94	8,89	8,31	8,02	5,26	7,57	7,44	6,99
5	Zaenal Arifin M	36	8,46	8,52	7,00	7,29	8,78	6,61	7,17	6,75	6,03	7,49	8,22	6,74	8,24	7,60	6,93	6,54	6,61	7,46	7,67	7,02	6,58	6,42	5,60	6,43	5,11	7,84	5,85	6,61	6,21	6,42	5,37	6,90
6	Ihwanudin	37	8,59	6,49	7,92	8,71	5,33	5,69	7,52	8,45	8,14	7,85	6,85	8,85	6,24	8,35	7,48	6,09	7,75	5,20	8,92	8,01	6,30	7,53	6,13	5,95	8,24	5,83	6,06	7,06	5,49	5,44	7,61	7,05
7	Rifki Saputra	34	8,66	7,15	6,58	7,24	7,87	6,14	7,41	5,77	6,64	6,58	8,58	8,21	6,92	8,16	6,08	7,80	8,13	6,46	6,02	8,55	6,05	5,02	6,18	6,21	8,90	6,99	8,16	6,59	6,87	5,60	5,21	6,94
8	Sudirman Rahman	36	8,54	8,23	7,88	6,52	6,36	6,30	7,30	6,42	6,30	6,71	7,82	8,01	7,46	6,71	5,81	6,75	8,71	7,86	5,67	8,57	7,76	6,42	6,89	6,75	6,70	8,91	8,51	6,62	5,09	5,74	6,40	7,04
9	Khafidz Maulana	34	8,75	8,21	8,29	8,75	6,35	5,70	5,86	7,04	7,97	6,14	6,93	6,74	5,42	6,25	8,37	6,54	6,26	5,61	7,12	7,55	7,83	8,73	8,23	6,11	8,21	7,11	6,84	6,99	6,21	6,45	7,19	7,03
10	Nesin	35	8,54	7,68	7,24	8,29	7,29	6,51	6,63	7,00	6,66	6,74	6,85	7,91	5,66	7,46	5,02	6,28	5,62	8,62	7,72	7,80	7,32	7,47	6,80	6,52	7,87	7,48	5,70	8,48	7,94	5,40	6,54	7,02

Keterangan

DNI : Denyut Nadi Istirahat

DNK : Denyut Nadi Kerja

- Pengukuran denyut nadi istirahat dilakukan pada saat sebelum memulai bekerja
- Pengukuran denyut nadi kerja dilakukan pada saat operator mulai bekerja yaitu :
 - Pengukuran DNK pertama pada pukul 8:30 WIB
 - Pengukuran DNK kedua pada pukul 10:30 WIB
 - Pengukuran DNK ketiga pada pukul 13:30 WIB
 - Pengukuran DNK keempat pada pukul 14:30 WIB

Hasil dari data waktu 10 denyut nadi kemudian dihitung persamaan metode 10 denyut nadi yang diperoleh dari denyut permenit (*Denyut/Menit*).

- Perhitungan Denyut Nadi Istirahat dengan metode 10 denyut, contoh untuk Agus setiawan :

$$\text{DNI (Detik)} = 8,40$$

$$\text{Denyut Nadi (Denyut/Menit)} = \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{Waktu Penghitungan}} \times 60$$

$$\text{DNI (Denyut/Menit)} = \frac{10 \text{ Denyut}}{8,40} \times 60$$

$$= 71,43$$

- Perhitungan Denyut Nadi Kerja dengan metode 10 denyut, contoh untuk Agus setiawan :

$$\text{DNK (Detik)} = 5,93$$

$$\text{Denyut Nadi (Denyut/Menit)} = \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{Waktu Penghitungan}} \times 60$$

$$\text{DNI (Denyut/Menit)} = \frac{10 \text{ Denyut}}{5,93} \times 60$$

$$= 101,17$$

- Perhitungan Denyut Nadi Maksimum (DNMak) contoh untuk Agus Setiawan :

DNMak : Denyut Nadi Maksimal (220 – Umur pria); (200 – Umur wanita)

$$: 220 - 39$$

$$: 181$$

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh hasil seperti tabel dibawah ini, secara lengkap

Tabel 3.19 Hasil perhitungan Denyut Nadi Kerja dengan metode 10 denyut Koyo 2

No	Nama	Umur (Tahun)	DNI (Detik)	DNK (Detik)																														Rata-rata (Detik)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Agus Setiawan	39	71,43	86,57	99,34	68,61	108,88	76,23	84,82	71,72	79,47	111,13	106,66	81,88	88,95	83,87	76,36	85,93	99,84	99,08	72,18	90,66	88,18	86,61	68,34	100,83	114,27	96,69	99,82	78,14	76,40	80,83	76,02	87,94
2	Adi Triyono	36	69,20	84,31	84,59	81,93	76,21	68,95	81,00	117,01	72,43	87,75	66,73	98,85	79,25	93,53	93,17	93,84	85,65	89,21	67,13	83,64	91,12	99,43	90,04	80,97	88,19	85,99	80,20	91,04	114,82	116,63	102,41	88,20
3	Jatmiko	35	71,01	83,34	83,32	74,90	91,60	114,49	90,22	88,34	101,18	104,10	67,29	68,77	83,44	85,02	83,22	83,72	78,32	111,81	76,73	102,91	72,29	97,37	78,18	73,28	70,36	117,66	76,61	98,48	116,54	75,33	83,53	87,74
4	Syamsul Huda	32	70,51	78,17	80,68	82,48	85,69	102,74	77,33	112,14	82,64	84,74	90,58	92,42	97,44	103,25	79,94	74,23	103,92	86,26	105,30	103,09	93,85	97,63	88,49	73,02	67,15	67,49	72,20	74,79	113,98	79,21	80,60	87,71
5	Zaenal Arifin M	36	70,95	70,38	85,76	82,31	68,30	90,80	83,71	88,84	99,54	80,13	73,03	89,04	72,83	78,94	86,56	91,78	90,79	80,47	78,18	85,50	91,22	93,46	107,10	93,33	117,33	76,51	102,49	90,80	96,67	93,52	111,67	88,37
6	Ihwanudin	37	69,82	92,39	75,72	68,88	112,58	105,45	79,80	71,04	73,73	76,45	87,55	67,78	96,15	71,88	80,20	98,55	77,42	115,34	67,27	74,88	95,17	79,72	97,92	100,83	72,80	102,86	99,00	84,93	109,33	110,27	78,82	87,49
7	Rifki Saputra	34	69,26	83,94	91,21	82,86	76,25	97,75	80,96	104,05	90,35	91,24	69,91	73,10	86,68	73,52	98,68	76,92	73,83	92,91	99,61	70,20	99,16	119,59	97,10	96,57	67,41	85,86	73,51	91,11	87,36	107,11	115,21	88,47
8	Sudirman Rahman	36	70,23	72,87	76,09	92,01	94,36	95,28	82,20	93,49	95,17	89,43	76,70	74,88	80,45	89,47	103,24	88,92	68,89	76,29	105,74	70,00	77,33	93,48	87,10	88,91	89,60	67,38	70,53	90,66	117,84	104,47	93,80	86,89
9	Khafidz Maulana	34	68,55	73,09	72,39	68,57	94,51	105,33	102,32	85,20	75,27	97,65	86,57	89,03	110,78	95,97	71,66	91,68	95,85	106,98	84,33	79,45	76,66	68,69	72,89	98,27	73,10	84,34	87,72	85,89	96,66	93,04	83,44	86,91
10	Nesin	35	70,29	78,11	82,84	72,36	82,25	92,22	90,54	85,71	90,06	89,08	87,61	75,82	105,99	80,39	119,48	95,52	106,85	69,64	77,76	76,97	81,99	80,33	88,26	91,98	76,20	80,19	105,34	70,75	75,53	111,19	91,72	87,09

- Perhitungan Nadi Kerja contoh untuk Agus Setiawan :

NK Nadi Kerja : (DNK – DNI)

: 86,83 – 71,43

: 15,40

Tabel 3.20 Hasil Perhitungan Rekapitulasi Denyut Nadi Koyo 2

No	Nama	Umur (Tahun)	DNI (Detik)	DNK (Denyut/Menit)	DNMak (Denyut/Menit)	Nadi Kerja (Denyut/Menit)
1	Agus Setiawan	39	71,43	86,83	181	15,40
2	Adi Triyono	36	69,20	91,98	184	22,77
3	Jatmiko	35	71,01	87,74	185	16,74
4	Syamsul Huda	32	70,51	82,93	188	12,42
5	Zaenal Arifin M	36	70,95	87,80	184	16,85
6	Ihwanudin	37	69,82	91,29	183	21,46
7	Rifki Saputra	34	69,26	91,06	186	21,81
8	Sudirman Rahman	36	70,23	89,44	184	19,21
9	Khafidz Maulana	34	68,55	86,91	186	18,37
10	Nesin	35	70,29	89,44	185	19,16

Setelah mencari Nadi Kerja, jam kerja operator injeksi adalah 8 jam maka satuan menit diubah jam dengan cara berikut :

- Perhitungan Nadi Kerja contoh untuk Agus Setiawan :

NK Nadi Kerja : Nadi Kerja x 8 jam

: 15,40 x 480

: 7391,63

Tabel 3.21 Hasil Perhitungan Nadi Kerja Koyo2

No	Nama	Umur (Tahun)	DNI (Detik)	DNK (Denyut/Menit)	DNMak (Denyut/Menit)	Nadi Kerja (Denyut/8 Jam)
1	Agus Setiawan	39	71,43	87,94	181	7927,20
2	Adi Triyono	36	69,20	88,20	184	9118,17
3	Jatmiko	35	71,01	87,74	185	8034,55
4	Syamsul Huda	32	70,51	87,71	188	8260,36
5	Zaenal Arifin M	36	70,95	89,09	184	8709,01
6	Ihwanudin	37	69,82	88,59	183	9007,92
7	Rifki Saputra	34	69,26	88,47	186	9219,96
8	Sudirman Rahman	36	70,23	89,44	184	9221,26
9	Khafidz Maulana	34	68,55	86,91	186	8815,38
10	Nesin	35	70,29	89,44	185	9195,47

Maka dapat dilakukan perhitungan mencari *Heart Rate Reverse* (%HR

Reverse) dan *Cardiovascluar Load* (%CVL) sebagai berikut :

(a) Perhitungan %HR Reverse

$$\begin{aligned}
 \%HR \text{ Reverse} &= \frac{DNK - DNI}{DN_{Mak} - DNI} \times 100 \\
 &= \frac{7927,20 - 71,43}{181 - 71,43} \times 100 \\
 &= 71,70 \%
 \end{aligned}$$

(b) Perhitungan %CVL

$$\begin{aligned}
 \%CVL &= \frac{100 \times (DNK - DNI)}{DN_{Mak} - DNI} \\
 &= \frac{100 \times (7927,20 - 71,43)}{181 - 71,43} \\
 &= 71,70 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan mencari persentase HR Reverse dan CVL maka dibuat Rekap untuk menyimpulkan klasifikasi sesuai beban kerja Koyo 2.

Tabel 3.22 Hasil Perhitungan *Heart Rate Reverse* dan *Cardiovascluar* Koyo 2

No	Nama	Umur (Tahun)	% HR Reverse	% CVL	Klasifikasi
1	Agus Setiawan	39	71,70	71,70	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
2	Adi Triyono	36	78,83	78,83	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
3	Jatmiko	35	69,86	69,86	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
4	Syamsul Huda	32	69,70	69,70	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
5	Zaenal Arifin M	36	76,41	76,41	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
6	Ihwanudin	37	78,97	78,97	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
7	Rifki Saputra	34	78,38	78,38	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
8	Sudirman Rahman	36	80,43	80,43	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
9	Khafidz Maulana	34	74,47	74,47	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)
10	Nesin	35	79,55	79,55	Terjadi kelelahan (dalam waktu singkat)

Hasil perhitungan pada Koyo 1 *Cardiovasculair Load* (%CVL) artinya bahwa operator produksi mesin injeksi masuk kategori 60 % - <80 % dan dengan klasifikasi terjadi kelelahan kerja dalam waktu singkat

Tabel 3.23 Nadi Pemulihan Koyo 2 Per 30 Detik

No	Nama	Umur (Tahun)	Nadi Pemulihan (Denyut/30 detik)		
			P1	P2	P3
1	Agus Setiawan	39	42	40	39
2	Adi Triyono	36	44	42	36
3	Jatmiko	35	41	40	37
4	Syamsul Huda	32	42	40	39
5	Zaenal Arifin M	36	42	41	33
6	Ihwanudin	37	45	42	36
7	Rifki Saputra	34	43	41	37
8	Sudirman Rahman	36	42	40	34
9	Khafidz Maulana	34	45	41	36
10	Nesin	35	41	40	34

Hasil dari pengukuran nadi pemulihan pada 30 detik menit pertama, kedua dan ketiga (P1,P2,P3) dikalikan 2 sehingga diperoleh denyut nadi pemulihan setiap denyut per menit (*Menyut/Menit*), seperti pada table berikut :

Tabel 3.24 Nadi Pemulihan Koyo 2 Per Menit

No	Nama	Umur (Tahun)	Nadi Pemulihan (Denyut/30 detik)			Rata-rata (Denyut/Menit)
			P1	P2	P3	
1	Agus Setiawan	39	84	80	78	80,67
2	Adi Triyono	36	88	84	72	81,33
3	Jatmiko	35	82	80	74	78,67
4	Syamsul Huda	32	84	80	78	80,67
5	Zaenal Arifin M	36	84	82	66	77,33
6	Ihwanudin	37	90	84	72	82,00
7	Rifki Saputra	34	86	82	74	80,67
8	Sudirman Rahman	36	84	80	68	77,33
9	Khafidz Maulana	34	90	82	72	81,33
10	Nesin	35	82	80	68	76,67
Rata-rata			85,4	81,4	72,2	79,67

Keterangan

P₁ : 30 detik pemulihan menit pertama

P₂ : 30 detik pemulihan menit kedua

P₃ : 30 detik pemulihan menit ketiga

Dengan hasil perhitungan nilai dengan ketentuan tersebut dapat dikatakan untuk Koyo 1 sebagai berikut :

- Rata-rata P₁, P₂, P₃ = 79,67 maka nadi pemulihan normal
- Rata-rata P₁ = 85,4 maka beban kerja tidak berlebihan

- Rata-rata $P_3 = 72,2$ maka nadi pemulihan normal dan tidak perlu desain pekerjaan.

Maka dapat dihitung total pemulihan $P_1+P_2+P_3 = 79,67+85,4+72,2 = 237,27/3 = 79,09 \%$ dengan kesimpulan masuk kategori 60% - $<80 \%$ bekerja dalam waktu singkat.

3.3.4 Menghitung Beban Kerja Dengan Metode Langsung

Metode langsung adalah mengukur energi yang dikeluarkan melalui asupan oksigen selama bekerja. Semakin berat beban kerja semakin banyak energi yang diperlukan untuk dikonsumsi. Bahwa salah satu pendekatan untuk menilai berat ringannya beban kerja dengan menghitung nadi kerja, konsumsi oksigen, ventilasi paru dan suhu inti tubuh.

Tabel 3.25 Konsumsi Oksigen Koyo 1

No	Nama	Umur (Tahun)	Konsumsi Oksigen (cc)				Rata-rata (cc)
			Pengukuran ke				
			1	2	3	4	
1	Joko Susilo	40	1800	1700	1600	1500	1650
2	Ahmad Aunurrofik	40	1900	1800	1700	1400	1700
3	Hadi Prayitno	37	1800	1700	1400	1200	1525
4	Slamet Kiswanto	34	1700	1600	1500	1300	1525
5	Suhendra	36	2000	1500	1400	1100	1500
6	Walidan	35	1800	1600	1300	1400	1525
7	Puryadi	35	1900	1500	1400	1200	1500
8	Nanang Junaedi	33	1800	1700	1600	1400	1625
9	Arief Mulyono	37	1700	1600	1500	1400	1550
10	Gunawan Wiradikusuma	36	1800	1600	1300	1200	1475

Konsumsi oksigen yang diperoleh satuannya masih dalam (cc) dibuat menjadi liter dimana $1000 \text{ cc} = 1 \text{ Liter}$ seperti table dibawah ini Tabel 3.23

Tabel 3.26 Konsumsi Oksigen Koyo 1

No	Nama	Umur (Tahun)	Konsumsi Oksigen (L/Min)	Rata-rata Denyut Nadi (Nadi/Menit)
1	Joko Susilo	40	1,65	85,06
2	Ahmad Aunurrofik	40	1,70	87,04
3	Hadi Prayitno	37	1,53	85,76
4	Slamet Kiswanto	34	1,53	87,66
5	Suhendra	36	1,50	85,33
6	Walidan	35	1,53	86,76
7	Puryadi	35	1,50	85,19
8	Nanang Junaedi	33	1,63	86,96
9	Arief Mulyono	37	1,55	85,82
10	Gunawan Wiradikusuma	36	1,48	84,56
Rata-rata			1,56	86,01

Submaximal test pada operator mesin injeksi setelah pemuliahan pertama 10 menit, pemuliahan kedua 40 menit dan pemulihan ketiga 10 menit, terjadinya mengalami penurunan dalam konsumsi oksigen VO₂ dimana kegiatan operator mesin injeksi dengan rata-rata konsumsinya VO₂ maksimum 1,56 L/Min dan berdasarkan tabel beban kerja maka dapat diklasifikasikan sebagai pekerjaan sangat berat.

Kilocalorie adalah satuan dari energi beberapa literature ergonomi. Dalam unit SI (Satuan Internasional) satuan yang dipakai untuk mengetahui konversi konsumsi energi diukur. Didapat bahwa :

- 1 Kilocalorie (Kcal) = 4.2 Kilojoule (KJ)
Untuk konversi satuan energi
- 1 Liter Oksigen (O₂) akan memberikan 4,8 Kcal energi = 20 KJ
Atau
- 1 Liter O₂ menghasilkan 4,8 Kcal energi = 20 KJ

Berdasarkan hasil dari Tabel 3.9 dapat diestimasi kebutuhan energi total metabolisme dan metabolisme basal contoh Joko Susilo:

1) Konsumsi Energi

Konsumsi Energi (E)

$$\begin{aligned} E &= 1,80411 - 0,0229038 X + 4,71733 \times 10^{-4} (X)^2 \\ &= 1,80411 - 0,0229038 (85,06) + 4,71733 \times 10^{-4} (85,06)^2 \\ &= 1,80411 - 1,9481 + 4,71733 \times 0,7235 \\ &= 3,56 \text{ Kkal/min} \end{aligned}$$

2) Total Metabolisme

Total Metabolisme (Tot Met)

$$\begin{aligned} \text{Tot Met} &= 60 \text{ Energi} \times \text{O}_2 \text{ Uptk} \\ &= 60 (3,56) \times 1,65 \\ &= 213,6 \times 1,65 \\ &= 352,44 \text{ Kkal/Jam} \end{aligned}$$

3) Metabolisme Basal

Metabolisme basal adalah konsumsi energi yang konstan (bisa diam atau tidak ada pekerjaan) pada saat operator istirahat dengan perut dalam keadaan kosong, dimana tergantung pada berat badan, tinggi dan kelamin seseorang.

$$\text{Pria} > 70 \text{ kg} = 1,2 \text{ Kkal/min} = 1.700 \text{ Kkal/24 Jam}$$

$$\text{Wanita} > 60 \text{ kg} = 1,0 \text{ Kkal/min} = 1.450 \text{ Kkal/24 Jam}$$

4) Menentukan Waktu Istirahat Dengan Metode Pendekatan Fisiologis

a. Perhitungan Waktu Istirahat Joko Susilo

$$X = 85,06 \text{ (Denyut Nadi Kerja)}$$

$$\begin{aligned}
 E_t &= 1,80411 - 0,0229038 X + 4,71733 \times 10^{-4} (X)^2 \\
 &= 1,80411 - 0,0229038 (85,06) + 4,71733 \times 10^{-4} (85,06)^2 \\
 &= 1,80411 - 1,9481 + 4,71733 \times 0,7235 \\
 &= 3,56 \text{ Kkal/min}
 \end{aligned}$$

$$X = 68,49 \text{ (Denyut Nadi Istirahat)}$$

$$\begin{aligned}
 E_i &= 1,80411 - 0,0229038 X + 4,71733 \times 10^{-4} (X)^2 \\
 &= 1,80411 - 0,0229038 (68,49) + 4,71733 \times 10^{-4} (68,49)^2 \\
 &= 1,80411 - 1,5686 + 4,71733 \times 0,469 \\
 &= 1,97 \text{ Kkal/min}
 \end{aligned}$$

$$K = E_t - E_i$$

$$= 3,56 \text{ Kkal/min} - 1,97 \text{ Kkal/min}$$

$$= 1,59 \text{ Kkal/min}$$

Tabel 3.27 Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi, Total Metabolisme, Metabolisme Basal dan Energi Yang Dikeluarkan

No	Nama	Kebutuhan Energi (Kcal/min)	Total Metabolisme (Kcal/Jam)	Metabolisme Basal (Kcal/min)	(Denyut Nadi Kerja) Et	(Denyut Nadi Istirahat) Ei	(Energi Yang Dikeluarkan) k
1	Joko Susilo	3,56	352,44	1,2	3,56	1,97	1,59
2	Ahmad Aunurrofik	3,77	384,54	1,2	3,77	1,94	1,83
3	Hadi Prayitno	3,63	333,24	1,2	3,63	1,92	1,71
4	Slamet Kiswanto	3,82	350,67	1,2	3,82	1,93	1,89
5	Suhendra	3,58	322,2	1,2	3,58	1,85	1,73
6	Walidan	3,73	342,41	1,2	3,73	1,89	1,84
7	Puryadi	3,57	321,3	1,2	3,57	1,9	1,67
8	Nanang Junaedi	3,75	366,75	1,2	3,75	1,92	1,83
9	Arief Mulyono	3,64	338,52	1,2	3,64	1,89	1,75
10	Gunawan Wiradikusuma	3,51	311,68	1,2	3,51	1,87	1,64

Karena nilai $K = 2,07 \text{ Kkal/min} < S$ yaitu energi yang dikeluarkan selama bekerja kurang dari nilai standar energi yang dikeluarkan (pria = 5 Kkal/min,

wanita = 4 Kkal/min, waktu istirahat untuk saat ini belum cukup mencukupi, sehingga butuh perubahan waktu istirahat.

Tabel 3.28 Konsumsi Oksigen Koyo 2

No	Nama	Umur (Tahun)	Konsumsi Oksigen (cc)				Rata-rata (cc)
			Pengukuran ke				
			1	2	3	4	
1	Agus Setiawan	39	1900	1800	1500	1400	1650
2	Adi Triyono	36	1800	1700	1600	1300	1600
3	Jatmiko	35	1700	1600	1400	1300	1500
4	Syamsul Huda	32	1800	1700	1600	1400	1625
5	Zaenal Arifin M	36	1900	1700	1400	1200	1550
6	Ihwanudin	37	2000	1700	1600	1400	1675
7	Rifki Saputra	34	1800	1600	1300	1200	1475
8	Sudirman Rahman	36	1900	1600	1700	1300	1625
9	Khafidz Maulana	34	2000	1700	1500	1200	1600
10	Nesin	35	1700	1500	1400	1200	1450

Tabel 3.29 Konsumsi Oksigen Koyo 2

No	Nama	Umur (Tahun)	Konsumsi Oksigen (L/Min)	Rata-rata Denyut Nadi (Nadi/Minut)
1	Agus Setiawan	39	1,65	87,94
2	Adi Triyono	36	1,60	88,20
3	Jatmiko	35	1,50	87,74
4	Syamsul Huda	32	1,63	87,71
5	Zaenal Arifin M	36	1,55	88,37
6	Ihwanudin	37	1,68	87,49
7	Rifki Saputra	34	1,48	88,47
8	Sudirman Rahman	36	1,63	86,89
9	Khafidz Maulana	34	1,60	86,91
10	Nesin	35	1,45	87,09
Rata-rata			1,58	87,68

Submaximal test pada operator mesin injeksi setelah pemuliahan pertama 10 menit, pemuliahan kedua 40 menit dan pemulihan ketiga 10 menit, terjadinya mengalami penurunan dalam konsumsi oksigen VO₂ dimana kegiatan operator mesin injeksi dengan rata-rata konsumsinya VO₂ maksimum 1,58 L/Min dan

berdasarkan tabel beban kerja maka dapat diklasifikasikan sebagai pekerjaan sangat berat.

Kilocalorie adalah satuan dari energi beberapa literature ergonomi. Dalam unit SI (Satuan Internasional) satuan yang dipakai untuk mengetahui konversi konsumsi energi diukur. Didapat bahwa :

➤ 1 Kilocalorie (Kcal) = 4.2 Kilojoule (KJ)

Untuk konversi satuan energi

➤ 1 Liter Oksigen (O₂) akan memberikan 4,8 Kcal energi = 20 KJ

Atau

➤ 1 Liter O₂ menghasilkan 4,8 Kcal energi = 20 KJ

Berdasarkan hasil dari Tabel 3.16 dapat diestimasi kebutuhan energi total metabolisme dan metabolisme basal contoh Agus Setiawan:

1) Konsumsi Energi

Konsumsi Energi (E)

$$\begin{aligned} E &= 1,80411 - 0,0229038 X + 4,71733 \times 10^{-4} (X)^2 \\ &= 1,80411 - 0,0229038 (87,94) + 4,71733 \times 10^{-4} (87,94)^2 \\ &= 1,80411 - 2,0141 + 4,71733 \times 0,7733 \\ &= 3,86 \text{ Kkal/min} \end{aligned}$$

2) Total Metabolisme

Total Metabolisme (Tot Met)

$$\begin{aligned} \text{Tot Met} &= 60 \text{ Energi} \times \text{O}_2 \text{ Uptk} \\ &= 60 (3,86) \times 1,65 \\ &= 231,6 \times 1,65 \\ &= 382,14 \text{ Kkal/Jam} \end{aligned}$$

3) Metabolisme Basal

Metabolisme basal adalah konsumsi energi yang konstan (bisa diam atau tidak ada pekerjaan) pada saat operator istirahat dengan perut dalam keadaan kosong, dimana tergantung pada berat badan, tinggi dan kelamin seseorang.

Pria > 70 kg = 1,2 Kcal/min = 1.700 Kcal/24 Jam

Wanita > 60 kg = 1,0 Kcal/min = 1.450 Kcal/24 Jam

4) Menentukan Waktu Istirahat Dengan Metode Pendekatan Fisiologis

b. Perhitungan Waktu Istirahat Agus Setiawan

X = 87,94 (Denyut Nadi Kerja)

$$\begin{aligned} E_t &= 1,80411 - 0,0229038 X + 4,71733 \times 10^{-4} (X)^2 \\ &= 1,80411 - 0,0229038 (87,94) + 4,71733 \times 10^{-4} (87,94)^2 \\ &= 1,80411 - 2,0141 + 4,71733 \times 0,7733 \\ &= 3,86 \text{ Kkal/min} \end{aligned}$$

X = 71,43 (Denyut Nadi Istirahat)

$$\begin{aligned} E_i &= 1,80411 - 0,0229038 X + 4,71733 \times 10^{-4} (X)^2 \\ &= 1,80411 - 0,0229038 (71,43) + 4,71733 \times 10^{-4} (71,43)^2 \\ &= 1,80411 - 1,6360 + 4,71733 \times 0,5102 \\ &= 2,23 \text{ Kkal/min} \end{aligned}$$

K = $E_t - E_i$

$$= 3,86 \text{ Kkal/min} - 2,23 \text{ Kkal/min}$$

$$= 1,63 \text{ Kkal/min}$$

Tabel 3.30 Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi, Total Metabolisme, Metabolisme Basal dan Energi Yang Dikeluarkan

No	Nama	Kebutuhan Energi (Kcal/min)	Total Metabolisme (Kcal/Jam)	Metabolisme Basal (Kcal/min)	(Denyut Nadi Kerja) Et	(Denyut Nadi Istirahat) Ei	(Energi Yang Dikeluarkan) k
1	Agus Setiawan	3,86	231,6	1,2	3,86	2,23	1,63
2	Adi Triyono	3,88	372,48	1,2	3,88	2,04	1,84
3	Jatmiko	3,84	345,6	1,2	3,84	2,21	1,63
4	Syamsul Huda	3,83	374,57	1,2	3,83	2,15	1,68
5	Zaenal Arifin M	3,90	362,7	1,2	3,9	2,19	1,71
6	Ihwanudin	3,93	396,14	1,2	3,93	2,09	1,84
7	Rifki Saputra	3,69	327,67	1,2	3,69	2,05	1,64
8	Sudirman Rahman	3,74	365,77	1,2	3,74	2,13	1,61
9	Khafidz Maulana	3,75	360	1,2	3,75	1,98	1,77
10	Nesin	3,76	327,12	1,2	3,76	2,14	1,62

Karena nilai $K = 1,63 \text{ Kkal/min} < S$ yaitu energi yang dikeluarkan selama bekerja kurang dari nilai standar energy yang dikeluarkan (pria = 5 Kkal/min, wanita = 4 Kkal/min, waktu istirahat untuk saat ini belum cukup mencukupi, sehingga dibutuhkan perubahan waktu istirahat.

3.3.5 Standard Untuk Energi Kerja

Menurut Sritomo Wignjosoebroto (2006:272), dari hasil penelitian kerja diperoleh kesimpulan bahwa 5,2 Kcal/menit akan diperimbangkan sebagai maksimum energi yang dikonsumsi untuk melaksanakan kerja fisik berat atau secara terus menerus. Nilai 5,2 Kcal/menit dapat pula dikonversikan dalam bentuk

Konsumsi Oxygen :

$$5,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{Menit}} = \frac{5,2}{4,8} = 1,08 = \frac{\text{Liter Oxygen}}{\text{Menit}}$$

Tenaga/daya :

$$5,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{Menit}} = 5,2 \times 4,2 \frac{\text{KJ}}{\text{Menit}} = 21,84 \frac{\text{KJ}}{\text{Menit}}$$

Atau

$$21,84 \frac{\text{KJ}}{\text{Menit}} \times \frac{1000}{60} = 236 \text{ Watt}$$

Bilamana metabolisme basal 1,2 Kcal/menit maka energi yang dikonsumsi untuk kerja fisik berat adalah (5,2 – 1,2 = 4,0 Kcal/menit). Nilai kalori kerja 5,2 pada kondisi kerja standard akan menyebabkan jantung berdetak sekitar 120 detik/menit.

3.3.6 Penentuan Waktu Istirahat Untuk Kerja Berat

1) Lamanya waktu istirahat untuk Joko Susilo :

$$R = \frac{T(\bar{K}-S)}{\bar{K}-1,5} \text{ (menit)}$$

$$R = \frac{480(3,56 - 4,0)}{3,56 - 1,5} \text{ (menit)}$$

$$R = \frac{211,2}{2,06} \text{ (menit)}$$

$$R = 102,52 \text{ menit}$$

Jadi waktu istirahat sebesar 102,52 menit diperlukan untuk istirahat bilamana orang harus bekerja dengan konsumsi energi sebesar 3,56 Kcal/min yang berlangsung selama 8 Jam pada saat bekerja.

Tabel 3.31 Rekapitulasi Lamanya Waktu Istirahat Koyo 1

No	Nama	Kebutuhan Energi (Kcal/min)	T (K - S)	K - 1,5	(Lamanya Waktu Istirahat) R
1	Joko Susilo	3,56	211,2	2,06	102,52
2	Ahmad Aunurrofik	3,77	110,4	2,27	48,63
3	Hadi Prayitno	3,63	177,6	2,13	83,38
4	Slamet Kiswanto	3,82	86,4	2,32	37,24
5	Suhendra	3,58	201,6	2,08	96,92
6	Walidan	3,73	129,6	2,23	58,12
7	Puryadi	3,57	206,4	2,07	99,71
8	Nanang Junaedi	3,75	120	2,25	53,33
9	Arief Mulyono	3,64	172,8	2,14	80,74
10	Gunawan Wiradikusuma	3,51	235,3	2,01	117,06

2) Lamanya waktu istirahat untuk Agus Setiawan :

$$R = \frac{T(\bar{K}-S)}{\bar{K}-1,5} \text{ (menit)}$$

$$R = \frac{480(3,86 - 4,0)}{3,86 - 1,5} \text{ (menit)}$$

$$R = \frac{67,2}{2,36} \text{ (menit)}$$

$$R = 28,47 \text{ menit}$$

Jadi waktu istirahat sebesar 28,47 menit diperlukan untuk istirahat bilamana orang harus bekerja dengan konsumsi energi sebesar 3,86 Kcal/min yang berlangsung selama 8 Jam pada saat bekerja.

Tabel 3.32 Rekapitulasi Lamanya Waktu Istirahat Koyo 2

No	Nama	Kebutuhan Energi (Kcal/min)	T (K - S)	K - 1,5	R (Lamanya Waktu Istirahat) /menit
1	Agus Setiawan	3,86	67,20	2,36	28,47
2	Adi Triyono	3,88	57,60	2,38	24,20
3	Jatmiko	3,84	76,80	2,35	32,68
4	Syamsul Huda	3,83	81,60	2,33	35,02
5	Zaenal Arifin M	3,90	48,00	2,40	20,00
6	Ihwanudin	3,93	33,60	2,43	13,83
7	Rifki Saputra	3,69	148,80	2,19	67,95
8	Sudirman Rahman	3,74	124,80	2,24	55,71
9	Khafidz Maulana	3,75	120,00	2,25	53,33
10	Nesin	3,76	115,20	2,26	50,97

3.3.7 Perhitungan Skor RULA

Kondisi pada saat operator mesin injeksi proses produksi melakukan pengambilan dan pengecekan hasil produksi secara berulang-ulang, dengan jarak yang tidak terjangkau dari tempat operator mesin injeksi berdiri. Akibatnya operator tersebut mudah lelah karena jarak yang tidak sesuai dari tempat operator bekerja, pinggang sedikit menahan untuk mengambil hasil injek, lengan mengarah keatas untuk menjangkau hasil injek, mata cenderung keatas dan kepala agak menengok keatas.



Gambar 3.8 Proses Memasukan Insert Pada Lubang Mold



Gambar 3.9 Proses Mengambil Hasil Injeksi dan Pematangan Bari

Perhitungan skor RULA diukur berdasarkan titik sudut lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan dan posisi berdiri, perhitungan skor RULA dilakukan secara manual. Berikut ini adalah analisa RULA secara manual :

1. Menghitung Tabel A *Wrist & Arm Score* bertujuan untuk menentukan skor lengan dan pergelangan tangan pada aktivitas proses produksi P-TANK dimesin injeksi.

Tabel 3.33 Menghitung Tabel A *Wrist & Arm Score* Aktivitas proses produksi

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	Posisi lengan atas (<i>Upper arm</i>)	+2	Karena lengan membentuk 35° dan bahu terangkat
2	Posisi lengan bawah (<i>Lower arm</i>)	+2	Karena lengan membentuk 30,7° dan lengan terangkat
3	Posisi pergelangan tangan (<i>Wrist position</i>)	+3	Karena pergelangan menekuk
4	Penikungan pergelangan tangan (<i>Wrist twist</i>)	+1	Pergelangan tangan terpelintir sampai batas tengah
Skor Table A <i>Wrist & Arm</i>			+3

Tabel 3.34 Skor Tabel A *Wrist & Arm Score* Aktivitas proses produksi

		Table A: Wrist Posture Score							
		1		2		3		4	
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist		Wrist Twist		Wrist Twist		Wrist Twist	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	4	5	5
4	1	4	4	4	4	4	4	5	5
	2	4	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	5	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	7	8	9
	2	8	8	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Berdasarkan analisa dan penjumlahan bahwa skor table A adalah = +3, setelah itu dilanjutkan dengan menganalisa dan menghitung skor *Muscle Use Score* dan *Score Force* (muatan) untuk table A *Wrist & Arm Score*.

Tabel 3.35 Skor Lengan & Pergelangan Tangan Aktivitas proses produksi

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	Skor Tabel A <i>Wrist & Arm</i>	+3	Didapat tabel 3.31
2	Penggunaan Otot (<i>Muscle</i>)	+2	Gerakan yang berulang-

	<i>Use Score</i>)		ulang 4x per menit
3	Muatan (<i>Score Force</i>)	+2	Karena beban kurang dari 4,4 lbs
Skor Lengan & Pergelangan Tangan aktivitas proses produksi			+7

2. Menghitung skor table B *Neck, Trunk and Legs Analisis* bertujuan untuk mengetahui skor leher, punggung dan kaki pada aktivitas proses produksi.

Tabel 3.36 Skor Tabel B *Neck, Trunk and Legs Analisis* Aktivitas proses produksi

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	<i>Neck posisi</i> (Leher)	+4	Leher membungkuk sudut 30°
2	<i>Trunk Posisi</i> (Punggung)	+3	Pada aktivitas ini badan sedikit membungkuk kedepan 30 °
3	<i>Leg Posisi</i> (Kaki)	+2	Aktivitas operator berdiri dengan satu kaki
Skor Tabel B <i>Neck, Trunk dan Leg</i>			+7

Tabel 3.37 Skor Tabel B *Neck, Trunk and Legs Analisis* Aktivitas proses produksi

Neck Posture Score	Table B: Trunk Posture Score											
	1		2		3		4		5		6	
	Legs		Legs		Legs		Legs		Legs		Legs	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Setelah menganalisa dan menghitung skor disimpulkan bahwa nilai postur adalah +7, kemudian dilakukan dengan menganalisa dan menghitung, skor *Muscle Use Score* dan skor *Force* (Muatan) untuk Tabel B *Tunk Posture*.

Tabel 3.38 Skor Leher, Punggung & Kaki (*Neck, Trunk & Legs*) aktivitas proses produksi

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	Skor Tabel B <i>Neck, Trunk & Legs</i>	+7	Didapatkan dari tabel 3.34
2	Penggunaan Otot (<i>Muscle Use Score</i>)	+1	Aktivitas kaki selalu berjalan lebih dari 4x permenit melangkah
3	Muatan (<i>Score Force</i>)	+0	Karena beban kurang dari 4,4 lbs
Skor Leher, Punggung & Kaki (<i>Neck, Trunk & Legs</i>)			+8

3. Menganalisa tabel C *Neck, Trunk & Legs*

Setelah mendapatkan skor hasil akhir dari tabel A *Wirst & Arm Score* adalah +3, dan tabel B *Neck, Trunk & Legs* adalah +7 kemudian dilakukan pencocokan untuk menemukan nilai akhir dari analisa akhir dari analisa RULA, sebagai berikut :

Tabel 3.39 Skor Table B *Tunk Posture* Aktivitas proses produksi

Table C: Neck, trunk and leg score

	1	2	3	4	5	6	7+
Wrist and Arm Score							
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Berdasarkan perhitungan skor RULA dari aktivitas yang belum dirancang dan kondisi actual tempat kerja sekarang diarea operator mesin injeksi dapat dinyatakan dalam tabel 3.39 menunjukkan angka 6 berarti kondisi ini berbahaya, maka perubahan diperlukan dalam tindakan waktu dekat.

3.3.8 Perhitungan Skor REBA

Kondisi pada saat operator mesin injeksi proses produksi melakukan pengambilan dan pengecekan hasil produksi secara berulang-ulang, dengan jarak yang tidak terjangkau dari tempat operator mesin injeksi berdiri. Akibatnya operator tersebut mudah lelah karena jarak yang tidak sesuai dari tempat operator bekerja, pinggang sedikit menahan untuk mengambil hasil injek, lengan mengarah keatas untuk menjangkau hasil injek, mata cenderung keatas dan kepala agak menengok keatas.



Gambar 3.10 Proses Mengambil Hasil Injeksi dan Pemotongan Bari

Perhitungan skor REBA diukur berdasarkan titik sudut lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan lutut dan punggung, perhitungan skor REBA dilakukan secara manual, berikut ini perhitungan skor REBA secara manual :

1. Menghitung skor untuk menentukan skor pergerakan punggung, postur leher dan pergelangan kaki pada aktivitas proses produksi.

Tabel 3.40 Menghitung skor Group A Aktivitas proses produksi

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	Punggung	+4	Punggung membungkuk 30° dan miring kesamping (+1)
2	Leher	+3	Pergerakan leher membentuk extension 20° dan miring kesamping (+1)
3	Kaki	+2	Kaki tidak tertopang dan postur tidak tabil

Skor group A	+1
--------------	----

Tabel 3.41 Skor Group A aktivitas proses produksi

		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9
Beban						
0	1	2		+1		
<5 kg	5-10 kg	>10 kg		Penambahan Beban secara tiba-tiba atau secara cepat		

Berdasarkan analisa penjumlahan bahwa skor group A adalah = +7, selanjutnya akan menghitung skor B.

2. Menghitung skor group B untuk menentukan skor lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan pada aktivitas proses produksi.

Tabel 3.42 Menghitung Skor Group B Aktivitas proses produksi

No	Keterangan	Skor	Analisa
----	------------	------	---------

1	Lengan atas	+2	Lengan atas membentuk 35° dan +1 karena bahu ditinggikan
2	Lengan bawah	+1	Lengan bawah membentuk 30,7°
3	Pergelangan tangan	+2	Pergelangan tangan membengkok ke depan
Skor group B		+5	

Tabel 3.43 Skor group B Aktivitas proses produksi

Setelah men gana lisa, men guji dan men ghit ung dapa t disi	Tabel B	Lengan Bagian Bawah (Siku)					
	Pergelangan Tangan	1			2		
		1	2	3	1	2	3
		1	2	3	4	5	6
	Skor Lengan Bagian Bawah	1	2	3	4	5	6
	2	3	4	5	6	7	
	3	4	5	6	7	8	
4	5	6	7	8	9		

mpulkan bahwa skor group B adalah +2, langkah selanjutnya mencari skor *coupling*.

Tabel 3.44 Skor *Coupling* Aktivitas proses produksi

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	<i>Coupling</i>	+0	Pegangan yang baik dan cengkraman daya rentang menengah yang dapat diterima tapi tidak ideal

Berdasarkan analisis skor *coupling*, maka didapat skor *coupling* adalah +0.

Jadi skor group B = 2 + 0 = 2

3. Setelah mendapatkan skor akhir dari group A adalah +3 dan group B adalah +2 kemudian dilakukan pencocokan untuk menemukan nilai akhir dari analisis REBA ialah :

Tabel 3.45 Perhitungan Skor Akhir REBA dari aktivitas proses produksi

		Skor A											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skor B	1	1	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12
	2	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
	3	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
	4	2	3	3	4	5	7	8	9	10	11	12	12
	5	3	4	4	5	6	8	9	10	10	11	12	12
	6	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	12
	7	4	5	6	7	8	9	9	10	11	11	12	12
	8	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	12
	9	6	6	7	8	9	10	10	10	11	12	12	12
	10	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
	11	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
	12	7	8	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
		Activity Skor											
+1 Jika 1 atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari 1 menit		+1 Jika pengulangan gerakan dan rentang waktu singkat, diulang lebih dari 4 kali permenit (tidak termasuk berjalan)						+1 Jika gerakan menyebabkan perubahan atau pergeseran postur tubuh yang cepat dari posisi awal					

Berdasarkan analisa REBA dari aktivitas proses produksi dan actual tempat kerja bahwa dapat dinyatakan dalam tabel 3.45 bahwa perlu adanya perbaikan

kondisi kerja dengan skor 8 (*high*). Kemungkinan terjadinya resiko cedera dan harus segera adanya perbaikan dengan cepat dilokasi kerja operator mesin injeksi.

3.3.9 Perhitungan Output Produksi dan Waktu Jam Kerja

Berdasarkan hasil perhitungan tabel 3.6 tersebut, dalam 1 hari diperoleh hasil output produksi yang dihitung berdasarkan faktor penyesuaian dan kelonggaran dari operator mesin injeksi yaitu dengan target produksi 920 Pcs/hari, dalam kebutuhan permintaan dalam 1 hari input rencana perusahaan adalah 980 Pcs/hari. Namun, dalam kondisi actual operator selalu dibantu kerja oleh operator lain dikarenakan pekerjaan operator mesin injeksi lebih banyak prosesnya sehingga pekerjaannya tidak seimbang.

- Faktor penyesuaian yang digunakan adalah menggunakan metode Westinghouse, dengan tabel berikut :

Tabel 3.46 Penentuan Nilai Faktor Penyesuaian Metode *Westinghouse*

Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Keterampilan	Good	C2	+0,03
Usaha	Fair	E2	-0,08
Kondisi Kerja	Fair	E	-0,03
Konsistensi	Average	D	0,00
Total nilai kelonggaran berdasarkan 4 faktor			-0,08
$P = (1) \text{ Harga Kewajaran}$	$P = \{1 + (0,08)\}$		0,92

- Selanjutnya Faktor Kelonggaran (*Allowance*) dibawah ini berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi, dengan tabel :

Tabel 3.47 Penentuan Nilai Kelonggaran dari Beberapa Faktor

Faktor	Contoh Pekerjaan	% Allowance
A. Tenaga yang dikeluarkan 5. Berat	Mengayun palu yang berat	9
B. Sikap Kerja 2. Berdiri diatas dua kaki	Satu kaki mengerjakan alat kontrol	3,5
C. Gerakan Kerja 1. Agak terbatas	Bekerja dengan tangan diatas kepala	7
D. Kelelahan mata 4. Pandangan terusmenerus dengan fokus berubah-ubah	Pekerjaan-pekerjaan yang teliti	6,5
E. Keadaan Suhu ditempat Kerja 4. Normal	22-28 Derajat Celcius	3,5
F. Keadaan Atmosfer 2. Cukup	Rauangan yang berventilasi baik, udara segar	3
G. Keadaan Lingkungan 4. Sangat Bising		3
Total Nilai Kelonggaran		35,5
35,5 % / 100 %		0,355

- Selanjutnya menghitung waktu siklus, waktu normal dan waktu baku dengan perhitungan berikut :

Waktu Siklus

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{\sum xi}{N} \\
 &= \frac{789,807}{30}
 \end{aligned}$$

$$= 26,323$$

Waktu Normal

$$W_n = W_s \times \text{Rating Faktor (Faktor Penyesuaian)}$$

$$= 26,323 \times 1$$

$$= 26,323$$

Waktu Baku

$$W_b = W_n + (\textit{Allowance} \times W_n)$$

$$= 26,323 + (0,355 \times 26,323)$$

$$= 26,323 + 9,345$$

$$= 35,668$$

Dalam 8 jam kerja terdapat 480 menit yang total semua ada 28.800 detik, maka dalam 1 hari dengan kondisi actual diperoleh output sebanyak 807 pcs / hari. 28.800 detik dibagi 35,668 detik untuk proses produksi P-Tank.

Beban kerja Joko Susilo diperoleh perhitungan %CVL sebesar 70,70%, sedangkan persentase produktif menunjukkan aktivitas operator adalah 8 jam/hari. Maka waktu yang dipakai seharusnya untuk bekerja sebesar $70,70\% \times 8 \text{ jam} = 5,656 \text{ jam}$, hal ini menunjukkan aktivitas produksi terus menerus dan operator tidak memenuhi untuk melepas lelahnya.

Tabel 3.48 Rekapitulasi Jam Kerja Sesuai Beban Kerja Koyo 1

No	Nama	Umur	% HR	% CVL	Jam Kerja (Jam)
----	------	------	------	-------	-----------------

		(Tahun)	Reverse		
1	Joko Susilo	40	70,70	70,70	5,656
2	Ahmad Aunurrofik	40	80,52	80,52	6,442
3	Hadi Prayitno	37	73,82	73,82	5,906
4	Slamet Kiswanto	34	79,47	79,47	6,358
5	Suhendra	36	74,30	74,30	5,944
6	Walidan	35	77,96	77,96	6,237
7	Puryadi	35	71,08	71,08	5,686
8	Nanang Junaedi	33	76,78	76,78	6,142
9	Arief Mulyono	37	75,41	75,41	6,033
10	Gunawan Wiradikusuma	36	70,18	70,18	5,614

Tabel 3.49 Rekapitulasi Jam Kerja Sesuai Beban Kerja Koyo 2

No	Nama	Umur (Tahun)	% HR Reverse	% CVL	Jam Kerja (Jam)
1	Agus Setiawan	39	71,70	71,70	5,736
2	Adi Triyono	36	78,83	78,83	6,306
3	Jatmiko	35	69,86	69,86	5,589
4	Syamsul Huda	32	69,70	69,70	5,576
5	Zaenal Arifin M	36	73,32	73,32	5,866
6	Ihwanudin	37	74,32	74,32	5,946
7	Rifki Saputra	34	78,38	78,38	6,270
8	Sudirman Rahman	36	69,65	69,65	5,572
9	Khafidz Maulana	34	74,47	74,47	5,958
10	Nesin	35	69,71	69,71	5,577

3.3.10 Analisis Biaya Produksi dari Output Produksi Sebelum Perbaikan

Dari hasil perhitungan diatas dapat dihitung biaya produksi meliputi biaya tetap dan biaya variable. Biaya tetap meliputi biaya penyusutan alat spare part mesin. Biaya variable meliputi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja dan biaya sumber daya listrik perhitungan sebagai berikut :

Tabel 3.50 Biaya Tetap Penyusutan Peralatan (Sparepart)

Biaya Tetap	Rincian	Jumlah Biaya Tetap (Rp. / bulan)
Biaya Penyusutan Peralatan	20 Mesin x Rp. 2.150.000	Rp 43.000.000

Total Biaya Tetap	Rp	43.000.000
--------------------------	-----------	-------------------

Berdasarkan table 3.48 diatas dapat dilihat penggunaan biaya tetap yang harus dikeluarkan pada proses produksi P-Tank berupa penyusutan alat sparepart mesin sebesar Rp. 43.000.000

Setelah itu ada biaya variable adalah biaya yang jumlah totalnya berubah sebanding dengan perubahan volume kegiatan.

Tabel 3.51 Biaya Variabel Bahan Baku, Tenaga Kerja dan Sumber Daya Listrik

Jenis Biaya Variable	Rincian	Biaya Variabel (Rp. / bulan)
Biaya Bahan Baku	1.490 Karung Biji Plastik x Rp. 42.000	Rp 62.200.000
Biaya Tenaga Kerja	20 Org x Rp. 3.900.000	Rp 78.000.000
Biaya Sumber Daya	1 Bulan (20 Mesin)	Rp 21.300.000
Total Biaya Tetap		Rp 161.600.000

Berdasarkan table 3.56 penggunaan biaya variable untuk biaya bahan baku, biaya tenaga kerja dan biaya sumber daya listrik. Biaya variable ini bisa berubah sesuai dengan kebutuhan yang tidak diduga.

Tabel 3.52 Total Biaya Proses Produksi P-Tank

Uraian Biaya	Jumlah (Rp.)
Rata-rata Total Biaya Tetap	Rp 43.000.000

Rata-rata Total Biaya Variable	Rp	161.600.000
Total Biaya (Rp. / bulan)	Rp	194.600.000

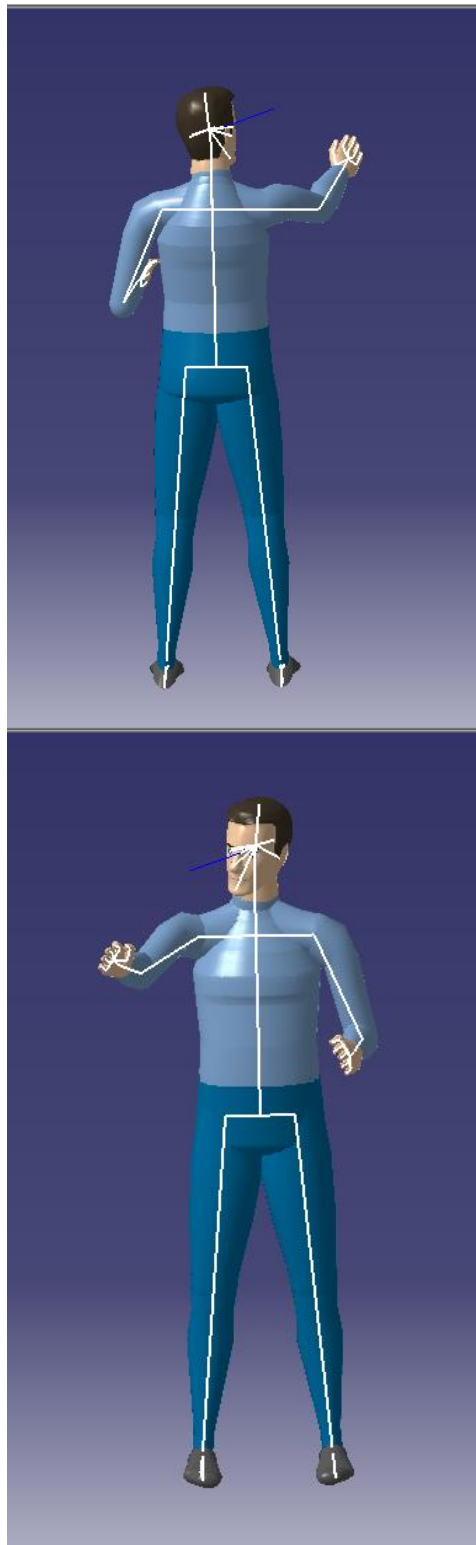
Setelah mendapatkan jumlah biaya tetap dan biaya variable maka dapat dihitung output setelah perbaikan 807 Pcs/hari dikalikan 26 hari (1 bulan) yaitu 20.982 Pcs/bulan. Dari total produksi selama 1 bulan dikali kan dengan harga jual 1 pcs Rp. 35.000 jadi total pendapatan ialah Rp. 734.370.000.

Tabel 3.53 Rata-rata Keuntungan dari Proses Produksi Selama 1 Bulan

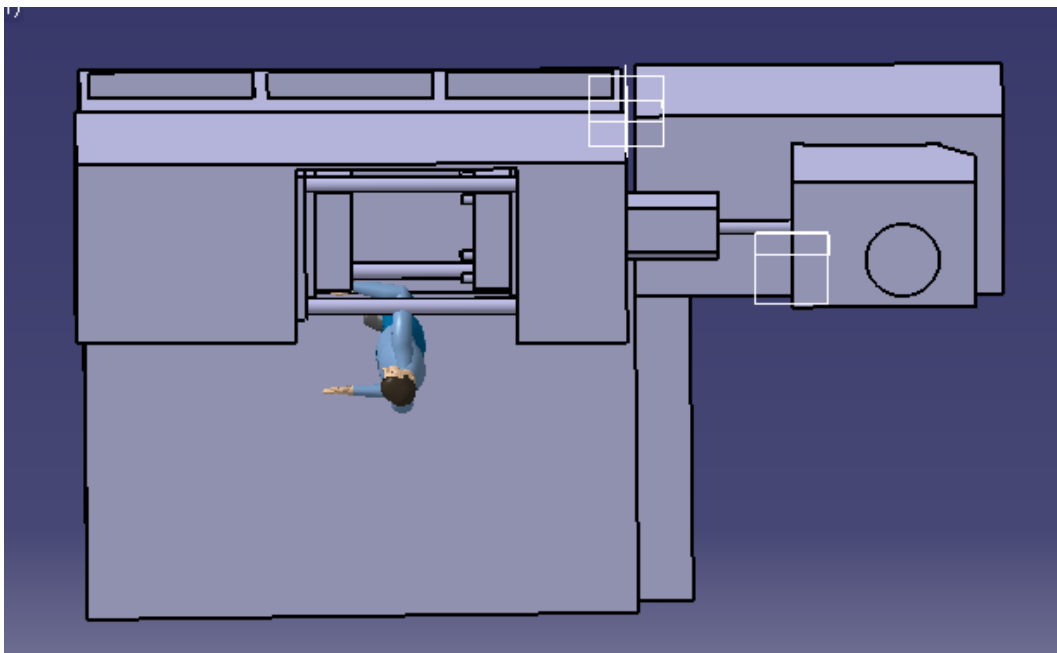
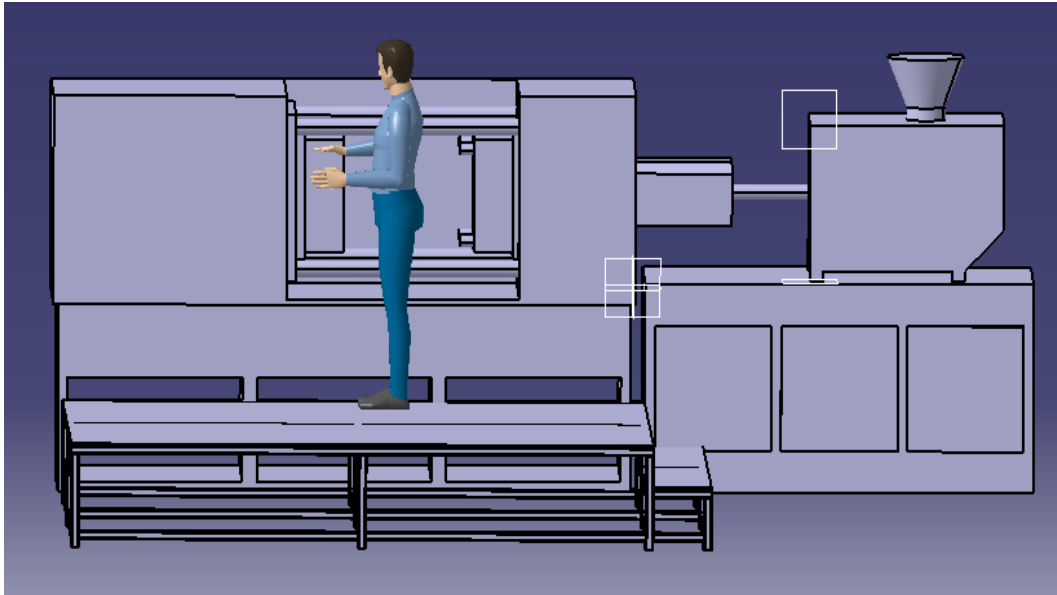
Uraian	Jumlah (Rp.)	
Total Pendapatan	Rp	734.370.000
Total Biaya	Rp	194.600.000
Rata-rata Keuntungan (Rp. / bulan)	Rp	539.770.000

3.3.11 Desain Setelah Perbaikan Proses Produksi P-Tank

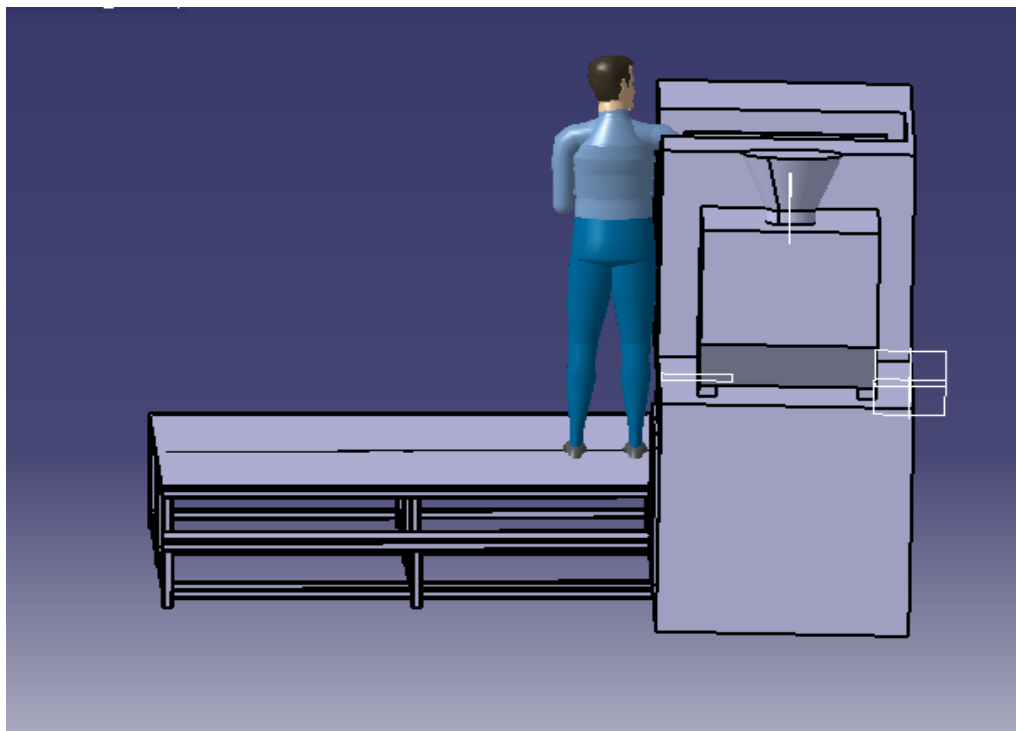
Desain yang ergonomis dalam perbaikan postur tubuh ini sesuai dengan actual dilapangan, setelah itu diterapkan perbaikan posisi postur tubuh diterapkan di software catia. Desain disesuaikan dengan skor nilai RULA dan REBA, pekerjaan yang terus menerus dilakukan oleh operator injeksi bisa menyebabkan terjadinya cedera, tujuannya untuk mempermudah operator mesin injeksi melakukan proses produksi agar posisi operator tidak terlalu membungkuk, yang berakhir pada produktivitas tidak tercapai.



Gambar 3.11 Ilustrasi Postur Tubuh Setelah Perbaikan

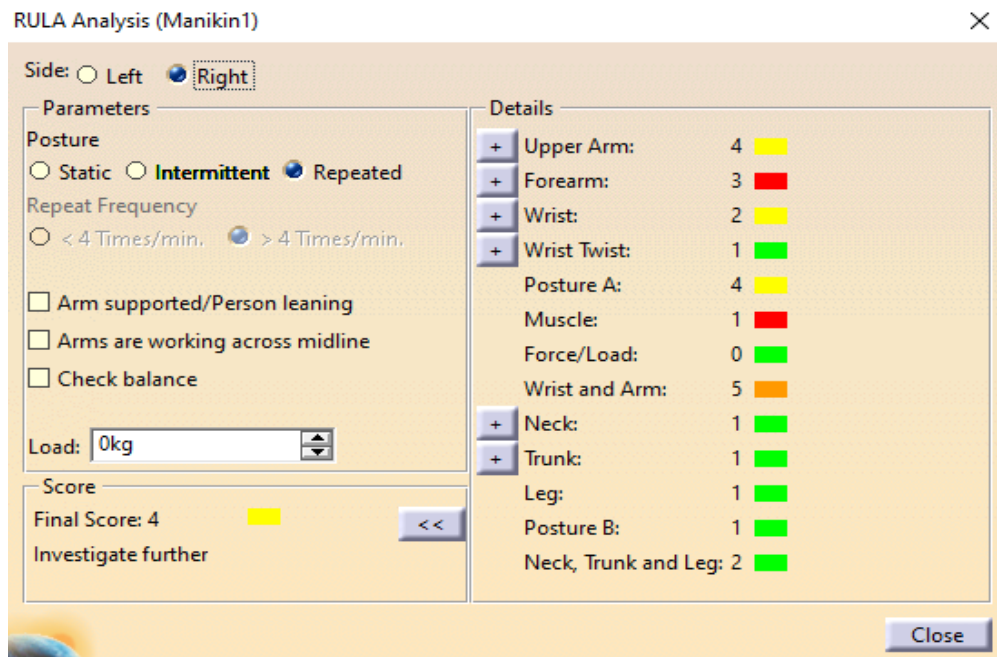


Gambar 3.12 Ilustrasi Perbaikan Postur Tubuh Tampak Samping dan Atas

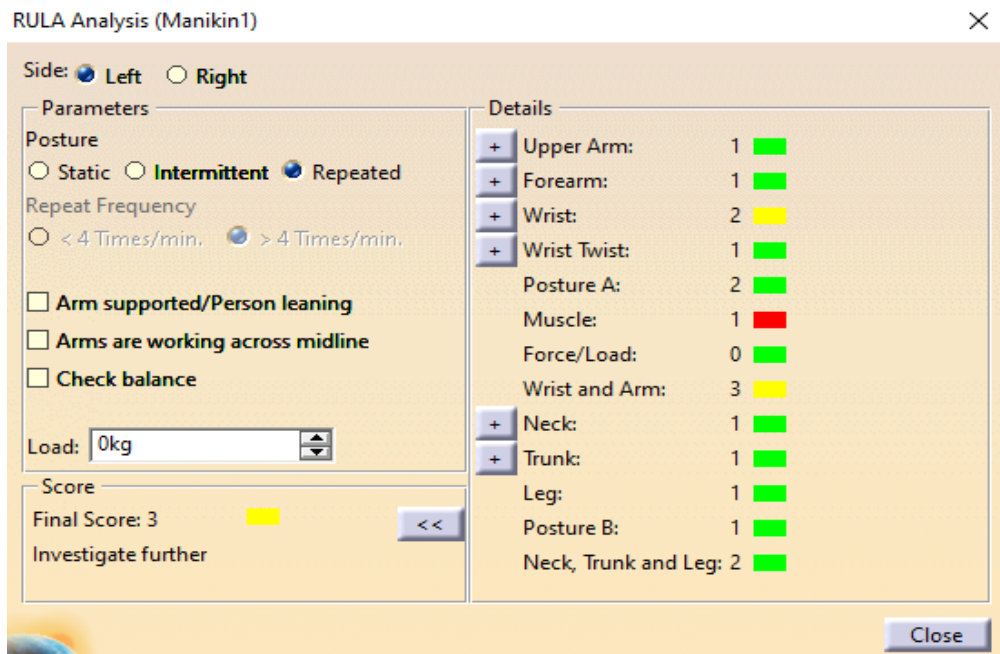


Gambar 3.13 Ilustrasi Perbaikan Postur Tubuh Tampak Depan dan Belakang

Berdasarkan gambar ilustrasi diatas dapat menghitung RULA secara otomatis dari software catia bias dilihat pada gambar 3.14 dan 3.15.



Gambar 3.14 Analisis RULA Bagian Tubuh Kanan (Right)



Gambar 3.15 Analisis RULA Bagian Tubuh Kiri (Left)

1. Menghitung Tabel A *Wrist & Arm Score* bertujuan untuk menentukan skor lengan dan pergelangan tangan pada aktivitas proses produksi P-TANK dimesin injeksi.

Tabel 3.54 Skor Tabel A *Wrist & Arm Score* Aktivitas proses produksi setelah perbaikan

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	Posisi lengan atas (<i>Upper arm</i>)	+4	Karena lengan membentuk 35° dan bahu terangkat
2	Posisi lengan bawah (<i>Lower arm</i>)	+2	Karena lengan membentuk 30,7° dan lengan terangkat
3	Posisi pergelangan tangan (<i>Wrist position</i>)	+2	Pergerakan tidak terlalu menekuk
4	Penikungan pergelangan tangan (<i>Wrist twist</i>)	+1	Pergelangan tangan terpelintir sampai batas tengah
Skor Table A <i>Wrist & Arm</i>			+4

Tabel 3.55 Skor Tabel A *Wrist & Arm Score* Aktivitas proses produksi setelah perbaikan

Table A: Wrist Posture Score		1	2	3	4
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
		1 2	1 2	1 2	1 2
1	1	1 2	2 2	2 2	3 3
	2	2 2	2 2	2 3	3 3
	3	2 3	3 3	3 3	4 4
2	1	2 3	3 3	3 3	4 4
	2	3 3	3 3	3 3	4 4
	3	3 4	4 4	4 4	5 5
3	1	3 3	4 4	4 4	5 5
	2	3 4	4 4	4 4	5 5
	3	4 4	4 4	4 4	5 5
4	1	4 4	4 4	4 4	5 5
	2	4 4	4 4	4 4	5 5
	3	4 4	4 5	5 5	6 6
5	1	5 5	5 5	5 5	6 6
	2	5 6	6 6	6 6	7 7
	3	6 6	6 7	7 7	7 8
6	1	7 7	7 7	7 7	8 8
	2	8 8	8 8	8 8	9 9
	3	9 9	9 9	9 9	9 9

Berdasarkan analisa dan penjumlahan bahwa skor table A adalah = +4, setelah itu dilanjutkan dengan menganalisa dan menghitung skor *Muscle Use Score* dan *Score Force* (muatan) untuk table A *Wrist & Arm Score*.

Tabel 3.56 Skor Lengan & Pergelangan Tangan Aktivitas proses produksi setelah perbaikan

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	Skor Tabel A <i>Wrist & Arm</i>	+4	Didapat tabel 3.31

2	Penggunaan Otot (<i>Muscle Use Score</i>)	+1	Gerakan yang berulang-ulang 4x per menit
3	Muatan (<i>Score Force</i>)	+2	Karena beban kurang dari 4,4 lbs
Skor Lengan & Pergelangan Tangan aktivitas proses produksi			+7

2. Menghitung skor table B *Neck, Trunk and Legs Analisis* bertujuan untuk mengetahui skor leher, punggung dan kaki pada aktivitas proses produksi.

Tabel 3.57 Skor Tabel B *Neck, Trunk and Legs Analisis* Aktivitas proses produksi setelah perbaikan

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	<i>Neck posisi</i> (Leher)	+1	Leher tidak membungkuk
2	<i>Trunk Posisi</i> (Punggung)	+1	Pada aktivitas ini badan sedikit membungkuk kedepan 30 °
3	<i>Leg Posisi</i> (Kaki)	+1	Aktivitas operator berdiri dengan satu kaki
Skor Tabel B <i>Neck, Trunk dan Leg</i>			+3

Tabel 3.58 Skor Tabel B *Neck, Trunk and Legs Analisis* Aktivitas proses produksi setelah perbaikan

		Table B: Trunk Posture Score											
Neck Posture Score	1		2		3		4		5		6		
	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7	
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8	
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	

Setelah menganalisa dan menghitung skor disimpulkan bahwa nilai postur adalah +3, kemudian dilakukan dengan menganalisa dan menghitung, skor *Muscle Use Score* dan skor *Force* (Muatan) untuk Tabel B *Tunk Posture*.

Tabel 3.59 Skor Leher, Punggung & Kaki (*Neck, Trunk & Legs*) Aktivitas proses produksi setelah perbaikan

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	Skor Tabel B <i>Neck, Trunk & Legs</i>	+3	Didapatkan dari tabel 3.34
2	Penggunaan Otot (<i>Muscle Use Score</i>)	+1	Aktivitas kaki selalu berjalan lebih dari 4x permenit melangkah
3	Muatan (<i>Score Force</i>)	+0	Karena beban kurang dari 4,4 lbs
Skor Leher, Punggung & Kaki (<i>Neck, Trunk & Legs</i>)			+4

3. Menganalisa tabel C *Neck, Trunk & Legs*

Setelah mendapatkan skor hasil akhir dari tabel A *Wirst & Arm Score* adalah +4, dan tabel B *Neck, Trunk & Legs* adalah +4 kemudian

dilakukan pencocokan untuk menemukan nilai akhir dari analisa akhir dari analisa RULA, sebagai berikut :

Tabel 3.60 Skor Table B *Tunk Posture* Aktivitas proses produksi setelah perbaikan

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Berdasarkan perhitungan skor RULA dari aktivitas yang belum dirancang dan kondisi actual tempat kerja sekarang diarea operator mesin injeksi dapat dinyatakan dalam tabel 3.60 menunjukkan angka 4 berarti kondisi ini memiliki level resiko kecil, diperlukan beberapa waktu kedepan untuk diperlukan perubahan kembali.

Tabel 3.61 Hasil Rekapitulasi Kuisisioner *Nordic Body Map* (10 Operator) setelah perbaikan

No	Bagian Tubuh	Jumlah Keluhan			
		Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sakit Sekali
1	Leher	6	4	0	0
2	Bahu	9	0	0	0

3	Lengan	7	3	0	0
4	Punggung	10	0	0	0
5	Pinggang	10	0	0	0
6	Pantat	10	0	0	0
7	Siku	8	2	0	0
8	Tangan	8	2	0	0
9	Paha	10	0	0	0
10	Lutut	10	0	0	0
11	Betis Kaki	10	0	0	0
12	Pergelangan Kaki	10	0	0	0

Tabel 3.62 Pengukuran Waktu Siklus setelah perbaikan

No	Menyalakan Dehumber	Mesin Heater Mold	Pemasangan Molding ke Mesin Injeksi	Centering Noozle	Penggilingan Tank	Proses Injeksi	Pemotongan Bari P-Tank
1	45,2	158,2	247,8	83,5	122,5	70,4	41,2
2	43,7	157,3	246,4	84,3	128,0	70,1	40,5
3	42,4	157,0	238,2	84,4	125,2	70,4	40,5
4	48,9	158,2	238,1	87,2	121,7	70,3	40,2
5	41,0	156,1	254,6	84,7	124,2	70,3	40,8
6	43,3	158,2	237,8	80,6	127,2	70,4	41,0
7	42,5	159,9	244,1	80,5	126,8	70,4	40,6
8	41,3	157,3	236,7	78,2	124,9	70,6	40,4
9	43,5	158,0	244,0	79,9	125,4	70,2	40,0
10	46,5	157,3	258,0	79,5	123,7	70,1	40,1

11	41,4	156,4	246,3	78,9	128,5	70,5	41,5
12	41,6	157,9	248,7	80,8	126,9	70,2	40,9
13	50,9	159,1	246,8	81,9	125,3	71,6	40,5
14	43,6	156,9	254,8	81,5	127,4	71,1	41,1
15	43,2	157,7	239,3	78,9	128,0	70,2	40,5
16	47,1	159,5	246,1	79,9	111,7	71,5	40,7
17	42,0	160,3	248,8	80,6	126,8	71,4	40,4
18	44,2	156,8	243,9	83,1	117,3	71,3	40,3
19	40,6	158,3	245,3	82,0	123,4	71,6	40,6
20	46,3	158,6	236,4	81,4	127,6	70,7	41,2
21	42,5	159,2	238,0	81,9	129,0	71,1	40,8
22	42,3	159,5	242,4	80,6	115,9	70,7	40,2
23	44,7	158,9	237,6	83,2	129,4	71,4	40,6
24	49,9	159,2	241,2	81,9	128,6	71,4	40,9
25	45,2	160,4	239,0	80,9	126,4	70,7	40,3
26	44,9	158,9	247,8	83,1	117,3	70,4	40,2
27	42,6	161,8	253,1	81,3	127,9	70,5	40,1
28	42,1	160,3	258,8	82,7	126,8	70,5	40,8
29	43,5	160,4	250,7	80,9	127,1	70,0	40,7
30	43,6	159,2	249,3	82,5	114,8	70,1	41,1
Total	1320,5	4756,8	7360,0	2450,8	3735,7	2120,1	1218,7
x	44,017	158,560	245,333	81,693	124,523	70,670	40,623
Waktu Siklus							765,420

Dalam menghitung pengukuran waktu baku, diperlukan dulu faktor penyesuaiannya (p) sesuai dengan table 2.3 penyesuaian yang dipakai adalah *wastinghouse* dan besarnya kelonggaran berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh pada tempat kerja.

Tabel 3.63 Penentuan Nilai Faktor Penyesuaian Metode *Westinghouse*

Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
--------	-------	---------	-------------

Keterampilan	Good	C2	+0,03
Usaha	Fair	E2	-0,08
Kondisi Kerja	Fair	E	-0,03
Konsistensi	Average	D	0,00
Total nilai kelonggaran berdasarkan 4 faktor			-0,08
P = (1) Harga Kewajaran	P = { 1 + (0,08) }		0,92

- Faktor Kelonggaran dibawah ini berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi, dengan table berikut :

Tabel 3.64 Penentuan Nilai Kelonggaran dari Beberapa Faktor

Faktor	Contoh Pekerjaan	% Allowance
A. Tenaga yang dikeluarkan 5. Berat	Mengayun palu yang berat	9
B. Sikap Kerja 2. Berdiri diatas dua kaki	Satu kaki mengerjakan alat kontrol	3,5
C. Gerakan Kerja 1. Agak terbatas	Bekerja dengan tangan diatas kepala	7
D. Kelelahan mata 4. Pandangan terusmenerus	Pekerjaan-pekerjaan yang teliti	6,5

dengan fokus berubah-ubah		
E. Keadaan Suhu ditempat Kerja 4. Normal	22-28 Derajat Celcius	3,5
F. Keadaan Atmosfer 2. Cukup	Rauangan yang berventilasi baik, udara segar	3
G. Keadaan Lingkungan 4. Sangat Bising		3
Total Nilai Kelonggaran		35,5
35,5 % / 100 %		0,355

Perhitungan waktu baku proses produksi setelah mengaplikasikan yang sudah didesain sesuai postur tubuh yang benar dan ergonomis, disesuaikan dengan rating faktor dan kelonggaran dalam pengujian secara actual, maka dapat diperoleh hasil output yang dimana dalam sehari 8 jam kerja :

1. Perhitungan Waktu Siklus setelah perbaikan

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{\sum xi}{N} \\
 &= \frac{765,420}{30} \\
 &= 25,514
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_n &= W_s \times \text{Rating Faktor (Faktor Penyesuaian)} \\
 &= 25,514 \times 1 \\
 &= 25,514
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
W_b &= W_n + (Allowance \times W_n) \\
&= 25,514 + (0,355 \times 25,514) \\
&= 25,514 + 9,057 \\
&= 34,571
\end{aligned}$$

Dalam 8 jam kerja terdapat 480 menit yang total semua ada 28.800 detik, maka dalam 1 hari dengan kondisi actual diperoleh output sebanyak 833 pcs / hari. 28.800 detik dibagi 34,571 detik untuk proses produksi P-Tank.

3.3.12 Analisis Biaya Produksi dari Output Produksi Setelah Perbaikan

Dari hasil perhitungan diatas dapat dihitung biaya produksi meliputi biaya tetap dan biaya variable. Biaya tetap meliputi biaya penyusutan alat spare part mesin. Biaya variable meliputi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja dan biaya sumber daya listrik perhitungan sebagai berikut :

Tabel 3.65 Biaya Tetap Penyusutan Peralatan (Sparepart)

Biaya Tetap	Rincian	Jumlah Biaya Tetap (Rp. / bulan)
Biaya Penyusutan Peralatan	20 Mesin x Rp. 2.150.000	Rp 43.000.000
Total Biaya Tetap		Rp 43.000.000

Berdasarkan table 3.45 diatas dapat dilihat penggunaan biaya tetap yang harus dikeluarkan pada proses produksi P-Tank berupa penyusutan alat sparepart mesin sebesar Rp. 43.000.000

Setelah itu ada biaya variable adalah biaya yang jumlah totalnya berubah sebanding dengan perubahan volume kegiatan.

Tabel 3.66 Biaya Variabel Bahan Baku, Tenaga Kerja dan Sumber Daya Listrik

Jenis Biaya Variable	Rincian	Biaya Variabel (Rp. / bulan)
Biaya Bahan Baku	1.490 Karung Biji Plastik x Rp. 42.000	Rp 62.200.000
Biaya Tenaga Kerja	20 Org x Rp. 3.900.000	Rp 78.000.000
Biaya Sumber Daya	1 Bulan (20 Mesin)	Rp 21.300.000
Total Biaya Tetap		Rp 161.600.000

Berdasarkan table 3.56 penggunaan biaya variable untuk biaya bahan baku, biaya tenaga kerja dan biaya sumber daya listrik. Biaya variable ini bisa berubah sesuai dengan kebutuhan yang tidak diduga.

Tabel 3.67 Total Biaya Proses Produksi P-Tank

Uraian Biaya	Jumlah (Rp.)
Rata-rata Total Biaya Tetap	Rp 43.000.000
Rata-rata Total Biaya Variable	Rp 161.600.000
Total Biaya (Rp. / bulan)	Rp 194.600.000

Setelah mendapatkan jumlah biaya tetap dan biaya variable maka dapat dihitung output setelah perbaikan 833 Pcs/hari dikalikan 26 hari (1 bulan) yaitu 21.658 Pcs/bulan. Dari total produksi selama 1 bulan dikali

kan dengan harga jual 1 pcs Rp. 35.000 jadi total pendapatan ialah Rp. 758.030.000.

Tabel 3.68 Rata-rata Keuntungan dari Proses Produksi Selama 1 Bulan

Uraian	Jumlah (Rp.)
Total Pendapatan	Rp 758.030.000
Total Biaya	Rp 194.600.000
Rata-rata Keuntungan (Rp. / bulan)	Rp 563.430.000

BAB IV

ANALISA HASIL PENGOLAHAN DATA

4.1 Analisa Tingkat Kelelahan

4.1.1 Analisa Tingkat Kelelahan Sebelum Perbaikan

Berikut contoh Joko Susilo

Tabel 4.1 Rekap Pengukuran Kelelahan Kerja Koyo 1 Sebelum Perbaikan

No	Pengukuran	Jumlah
1	% HR Reverse dan %CVL	70,70 % (Denyut/menit)
2	Kebutuhan Energi	3,56 (Kkal/min)
3	Lamanya waktu jam kerja	5,6 Jam
4	Lamanya waktu Istirahat	1,71 Jam

Berikut contoh Agus Setiawan

Tabel 4.2 Rekap Pengukuran Kelelahan Kerja Koyo 2 Sebelum Perbaikan

No	Pengukuran	Jumlah
1	% HR Reverse dan %CVL	71,70 % (Denyut/menit)
2	Kebutuhan Energi	3,53 (Kkal/min)
3	Lamanya waktu jam kerja	5,7 Jam
4	Lamanya waktu istirahat	28,47 Menit

4.1.2 Analisa Tingkat Kelelahan Setelah Perbaikan

Berikut contoh Joko Susilo

Tabel 4.3 Rekap Pengukuran Kelelahan Kerja Koyo 1 Setelah Perbaikan

No	Pengukuran	Jumlah
1	% HR Reverse dan %CVL	29,76 % (Denyut/menit)
2	Kebutuhan Energi	4,53 (Kkal/min)
3	Lamanya waktu kerja	5,6 Jam
4	Lamanya waktu istirahat	1,17 Jam

Berikut contoh Agus Setiawan

Tabel 4.4 Rekap Pengukuran Kelelahan Kerja Koyo 2 Setelah Perbaikan

No	Pengukuran	Jumlah
1	% HR Reverse dan %CVL	29,90 % (Denyut/menit)
2	Kebutuhan Energi	4,42 (Kkal/min)
3	Lamanya waktu kerja	5,7 Jam
4	Lamanya waktu istirahat	28,47 menit

Berdasarkan analisa pengukuran dengan menggunakan metode langsung dan tidak langsung 10 denyut nadi dan *Cardiovasculair* (CVL) adanya perubahan dengan kondisi setelah perbaikan lebih baik dalam suatu proses produksi dari pada sebelumnya.

4.1.3 Analisa RULA dan REBA

Berikut ini adalah hasil dari pengolahan data RULA

Tabel 4.5 Skor Tabel C *Neck, Trunk and Legs Score*

		1	2	3	4	5	6	7+
Wrist and Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Pengolahan Data Skor RULA

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	Skor Tabel A <i>Wist & Arm Score</i>	+3	Didapatkan dari hasil tabel 3.31
2	Skor Tabel B <i>Trunk Posture Score</i>	+7	Didapatkan dari hasil tabel 3.34
3	Skor Tabel C <i>Neck, Trunk and Legs Analsis</i>	+6	Didapatkan dari hasil tabel 3.36

Kondisi actual tempat kerja sekarang diarea operator mesin injeksi dapat dinyatakan dalam tabel 4.3 menunjukkan angka 6 berarti kondisi ini berbahaya, maka perubahan diperlukan dalam tindakan waktu dekat.

Berikut ini adalah hasil dari pengolahan data REBA

Tabel 4.7 Skor Tabel C Neck, Trunk and Legs Score

		Skor A											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skor B	1	1	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12
	2	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
	3	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
	4	2	3	3	4	5	7	8	9	10	11	12	12
	5	3	4	4	5	6	8	9	10	10	11	12	12
	6	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	12
	7	4	5	6	7	8	9	9	10	11	11	12	12
	8	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	12
	9	6	6	7	8	9	10	10	10	11	12	12	12
	10	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
	11	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
	12	7	8	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
Activity Skor													
+1 Jika 1 atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari 1 menit				+1 Jika pengulangan gerakan dan rentang waktu singkat, diulang lebih dari 4 kali permenit (tidak termasuk berjalan)				+1 Jika gerakan menyebabkan perubahan atau pergeseran postur tubuh yang cepat dari posisi awal					

Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Pengolahan Data Skor REBA

No	Keterangan	Skor	Analisa
1	Skor Tabel A	+7	Didapatkan dari hasil tabel 3.38
2	Skor Tabel B	+2	Didapatkan dari hasil tabel 3.40
3	Skor Tabel C	+8	Didapatkan dari hasil tabel 3.42

Dari aktivitas proses produksi dan actual tempat kerja bahwa dapat dinyatakan dalam tabel 3.40 bahwa perlu adanya perbaikan kondisi kerja dengan skor 8 (*high*). Kemungkinan terjadinya resiko cedera dan harus segera adanya perbaikan dengan cepat dilokasi kerja operator mesin injeksi.

4.1.4 Analisa Output Produksi Sebelum Perbaikan

$$\begin{aligned}W_s &= \frac{\sum xi}{N} \\ &= \frac{789,807}{30} \\ &= 26,323\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_n &= W_s \times \text{Rating Faktor (Faktor Penyesuaian)} \\ &= 26,323 \times 1 \\ &= 26,323\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_b &= W_n + (\textit{Allowance} \times W_n) \\ &= 26,323 + (0,355 \times 26,323) \\ &= 26,323 + 9,345 \\ &= 35,668\end{aligned}$$

Dalam 8 jam kerja terdapat 480 menit yang total semua ada 28.800 detik, maka dalam 1 hari dengan kondisi actual diperoleh output sebanyak 807 pcs / hari. 28.800 detik dibagi 35,668 detik untuk proses produksi P-Tank.

4.1.5 Analisa Output Produksi Sesudah Perbaikan

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{\sum xi}{N} \\
 &= \frac{765,420}{30} \\
 &= 25,514
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_n &= W_s \times \text{Rating Faktor (Faktor Penyesuaian)} \\
 &= 25,514 \times 1 \\
 &= 25,514
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_b &= W_n + (\textit{Allowance} \times W_n) \\
 &= 25,514 + (0,355 \times 25,514) \\
 &= 25,514 + 9,057 \\
 &= 34,571
 \end{aligned}$$

Dalam 8 jam kerja terdapat 480 menit yang total semua ada 28.800 detik, maka dalam 1 hari dengan kondisi actual diperoleh output sebanyak 833 pcs / hari. 28.800 detik dibagi 34,571 detik untuk proses produksi P-Tank.

Berdasarkan rasio produktivitas bahwa dikatakan produktivitas jika sudah efisien dan efektivitas. Dikatakan naik jika efisiensinya pada suatu output naik dari output rencana. Berikut ini adalah analisa produktivitas.

- Perhitungan persentase hasil output sebelum perbaikan

$$\frac{\text{Output Rencana}}{\text{Input Rencana}} = \frac{807}{920} \times 100 \% = 87,71 \%$$

- Perhitungan persentase target output sesudah perbaikan

$$\frac{\text{Output Rencana}}{\text{Input Rencana}} = \frac{833}{920} \times 100 \% = 90,54 \%$$

Tabel 4.9 Output Dalam Produktivitas Mesin Injeksi

Keterangan	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Output	807 Pcs	833 Pcs
Produktivitas	87,71%	90,54%
Waktu Siklus	35,668 detik	34,589 detik
Benefit	Rp 539.770.000	Rp 563.430.000
Perbandingan		26 Pcs 2,83 % Rp. 23.660.000

Berdasarkan perhitungan dan analisa dalam perbandingan menunjukan terdapat perbedaan yang signifikan yaitu dengan output 26 Pcs, Persentase Produktivitas 2,83 % dan Benefit Rp. 23.660.000 dari Input Rencana.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, analisis dan pembahasan maka penulis dapat mengambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Keluhan-keluhan yang dirasakan operator mesin injeksi Koyo 1 dan Koyo 2, dari keseluruhan keluhan operator mesin injeksi yang mengalami tingkat risiko tinggi *musculoskeletal* paling banyak terdapat pada bagian leher, punggung, pinggang dan tangan.
2. Faktor-faktor penyebab beban kerja ialah faktor kelelahan diakibat dari lingkungan yang dikonsumsi dari uap mesin dengan rata-rata konsumsi oksigen 1,56 L/min dan 1,58 L/min dapat diklasifikasikan sangat berat, kurangnya keseimbangan kalori operator dengan konsumsi energi 3,56 Kcal/min dan postur tubuh yang tidak standar dapat menyebabkan tidak optimalnya hasil pekerjaannya.
3. Lamanya waktu jam kerja dan istirahat berkurang yang awalnya keseluruhan waktu kerjanya 8 jam kerja menjadi 6 jam kerja dan lamanya waktu istirahat 1 jam menjadi 1,30 jam.
4. Dari aktivitas proses produksi dan actual tempat kerja bahwa dapat dinyatakan dalam tabel 3.40 dan tabel 3.42 bahwa skor untuk RULA yaitu 6

dengan kesimpulan kondisi ini berbahaya dengan tindakan waktu dekat dan skor REBA yaitu 8 dengan kesimpulan terjadinya resiko cedera, yang berakhir pada kelelahan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Setelah melakukan perbaikan terdapat perbandingan yang signifikan antara output produksi dan produktivitas yang direncanakan perusahaan, output produksi 26 Pcs/hari x Rp. 35.000 = Rp. 910.000,-/hari. Jika dikali 26 hari maka total profit yang didapat perusahaan adalah Rp. 23.660.000,- /bulan.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil observasi dilapangan dan laporan tugas akhir, disarankan PT. Koyo Jaya Indonesia untuk menggunakan metode *musculoskeletal* dalam mencegah atau mengurangi terjadinya keluhan MSDs yang dirasakan operator, dari tingkat resiko cedera sampai penyakit yang timbul akibat pekerjaannya tidak standard, banyaknya pekerja yang mengeluh dibagian punggung dan pundak ketika posisi membungkuk. Tidak hanya dari postur tubuh ada faktor eksternal dan internal dari setiap individu yang membuat tubuh operator menjadi lelah secara terus menerus, bisa meninjau ulang waktu kerja dan waktu istirahat untuk menghindari pekerjaan 8 jam kerja, misalnya 4 jam bekerja disarankan istirahat 1 jam setelah melakukan beban kerja yang berat. Hal ini dapat berpengaruh pada produktivitas output produksi, dengan kata lain bahwa produktivitas cerminan dari tingkat keefisienan, efektivitas dan kualitas kerja secara total.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa Nur Rizki, Tutik Fariyah, 2017. Analisa Beban Kerja Fisik Sebagai Dasar Penentuan Waktu Istirahat Yang Optimal. *Integrated Lab Journal UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta*. ISSN 2339-0905. Diakses dari <http://ejournal.uin-suka.ac.id/pusat/integratedlab/article/download/1547/1250>
- Hignett, S.,S % McAtamney, L, (2000). Rapid Entire Body Assesment (REBA), *Applied ergonomic*. Diakses dari https://www.researchgate.net/publication/12603778_Rapid_entire_body_assessment_REBA
- Jono, 2015. Pengukuran Beban Kerja Tenaga Kerja Dengan Metode Sampling di PT XY Yogyakarta. *Jurnal Spektrum Industri Universitas Widya Mataram Yogyakarta*. ISSN 1963-6590. Diakses dari <http://journal.uad.ac.id/index.php/Spektrum/article/view/2697>
- Mulyono Slamet, Dharma Widada, Lina Dianati Fathimahhayati, 2017. Perancangan Alat Bantu Kerja Berdasarkan Analisis Postur Kerja Menggunakan Metode Rapid Entire Body Assesment (REBA) Pada Industri Alumunium. *Profisiensi Teknik Industri Universitas Mulawarman Samarinda*. ISSN 2301-7244. Diakses dari <https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/jurnalprofisiensi/article/download/1205/939>
- Monotororing Regent Yuridelano, 2008. Usulan Penentuan Waktu Baku Proses Packing Produk Amplismesh Dengan Metode Jam Henti Pada Departemen Powder Coating, *Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang*. ISSN 2302-8734. Diakses dari <http://jurnal.umt.ac.id/index.php/jt/article/download/1357/842>
- Nurmianto, Eko, 1996. *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya.

Purbasari Annisa, Akhiri Joko Purnomo, 2019. Penilaian Beban Fisik Pada Proses Assembly Manual Menggunakan Metode Fisiologis. Jurnal Sigma Teknik Industri Universitas Riau Kepulauan. ISSN 2599-0616. Diakses dari <https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/sigmateknika/article/view/1957>

Purbasari Annisa, Maria Azista, Benedikta Anna H. Siboro, 2019. Analisis Postur Kerja Secara Ergonomi Pada Operator Pencetakan Pilar Yang Menimbulkan Risiko *Musculoskeletal*. Sigma Teknik Industri Universitas Riau Kepulauan. ISSN 2599-0616. Diakses dari https://www.researchgate.net/publication/339323437_analisis_postur_kerja_secara_ergonomi_pada_operator_pencetakan_pilar_yang_menimbulkan_risiko_musculoskeletal

Puteri, Renty Anugerah Mahaji dan Nur Kamilah Sukarna, 2017. “*Analisis Beban Kerja Menggunakan Metode CVL dan NASA Di PT. ABC*”. Spektrum Industri Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Jakarta. ISSN 2442-2630. Diakses dari <http://journal.uad.ac.id/index.php/Spektrum/article/download/7554/3771>

Sutalaksana Z. Iftikar, Ruhana Anggawisastra, Jann H. Tjakraatmadja, 2006.

Teknik Perancangan Sistem Kerja. Bandung: Institute Teknologi Bandung.

Tarwaka dkk, 2004. *Ergonomi: Untuk Kesehatan, Keselamatan Kerja dan*

Produktivitas. Surakarta: Uniba Press. Diakses dari

<http://shadibakri.uniba.ac.id/wp-content/uploads/2016/03/Buku-Ergonomi.pdf>

Tarwaka, 2019. Ergonomi Industri Edisi II: *Dasar-dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja*, Surakarta: Harapan Press.

Wignjosoebroto, Sritomo, 2006. *Ergonomi: Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya.

LAMPIRAN

Tabel Uji Normalitas (z)

z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998
3,5	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998

