ANALISIS RISIKO ERGONOMI DAN PERANCANGAN ULANG PENAHAN MESIN *FEEDER* MENGGUNAKAN *RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT* (REBA), *NORDIC BODY MAP* (NBM) DAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROSES* (AHP)

(STUDI KASUS : PT WANATIARA PERSADA)

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1

Program Studi Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri

Nama : M.Rifky Hidayat

No. Mahasiswa : 22522168

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2026

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika di kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta,
12 Desember 2025



M Rifky Hidayat
22522168

SURAT BUKTI PENELITIAN



CERTIFICATE
OF INTERNSHIP

Nomor : 013/WP-HR/HS/X/2025

Diberikan kepada :

M.Rifky Hidayat

22522168
Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri - Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Telah melaksanakan Kerja Praktek dengan judul tentang
"Analisis Postur Kerja Tubuh Operator Pada Pengangkatan Tumpahan Ore Dari Area Mesin Feeder Menggunakan Metode Rapid Entire Body Assesment (Reba)"

Terhitung mulai tanggal 4 Oktober 2025 sampai dengan 30 Oktober 2025
Di **PT. Wanatiara Persada** Site Haul Sagu Pulau Obi, Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara

Manajemen
PT. WANATIARA PERSADA

Abdul Gani
Deputy GM HR

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

ANALISIS RISIKO ERGONOMI DAN PERANCANGAN ULANG PENAHAN MESIN FEEDER MENGGUNAKAN *RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT* (REBA), *NORDIC BODY MAP* (NBM) DAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROSES* (AHP)

(STUDI KASUS : PT WANATIARA PERSADA)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : M.Rifky Hidayat

No. Mahasiswa : 22522168

Yogyakarta, 10 July 2026

Dosen Pembimbing



(Ratih Dianingtyas Kurnia, S.T., Ph.D.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS RISIKO ERGONOMI DAN PERANCANGAN ULANG PENAHAN MESIN FEEDER MENGGUNAKAN *RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT* (REBA), *NORDIC BODY MAP* (NBM) DAN *ANALYTIC HIERARCHY PROSES* (AHP)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : M.Rifky Hidayat

No. Mahasiswa : 22522168

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 10 - July – 2026

Tim Penguji

Ratih Dianingtyas Kurnia, S.T., Ph.D.	
Ketua	
Sri Indrawati, S.T., M.Eng.	
Anggota I	
Sayyidah Maulidatul Afraah, S.T., M.T.	
Anggota II	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirrabil'alamin, Tugas Akhir ini dapat saya persembahkan,
Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan karunia – Nya
Sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Untuk kedua orang tua tersayang, Ayah saya yang selalu memberikan motivasi dan dukungan yaitu Supandi S.pd., Ibu saya yang selalu mendoakan dan mendukung saya yaitu Ibu Suryana, Dan saudara saya Riandy Ahda Al Mujahid, S.Kom, M.M., Terima kasih banyak karena selalu memberikan kasih sayang tanpa batas kepada saya.

MOTTO

When Allah is With you, Nobody can Stop You
(Khabib Nurmagomedov)

"Inna Allāha lā yughayyiru mā biqawmin ḥattā yughayyirū mā bi'anfusihim."
" Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sampai mereka
Mengubah apa yang ada pada diri mereka sendiri"
(QS. Ar – Ra'd: 11)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat, hidayah, dan karunia – Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul " Analisis Risiko Ergonomi dan Perancangan Ulang Penahan Mesin Feeder menggunakan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Nordic Body Map* (NBM) dan *Analytical Hierarchy Proses* (AHP)" (Studi Kasus : PT Wanatiara Persada) dengan sebaik – baiknya. Tanpa taufik dan hidayah –Nya maka laporan tugas akhir ini tidak akan bisa terselesaikan dengan lancar. Sholawat dan salam penulis sampaikan kepada Rasulullah Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita sebagai umatnya dan menuntun kita menuju zaman yang lebih terang.

Penulisan tugas akhir dilaksanakan sebagai salah satu prasyarat untuk mendapatkan gelar Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Universitas Islam Indonesia. Dengan dilaksanakannya penyusunan tugas akhir ini diharapkan mahasiswa dapat melakukan penerapan teori keilmuan Teknik Industri di lingkungan industri Manufaktur.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini Penulis mengalami beberapa kesulitan dan hambatan. Pada kesempatan ini, dengan setulus hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya penulis sampaikan kepada kedua orang tua tercinta, Ayah saya Supandi S.Pd. dan Ibu Saya Suryana Serta abang saya Riandy Ahda Almujahid, S.Kom., M.M.,beserta seluruh keluarga atas doa, dukungan dan kasih sayang yang tiada henti.

Berkat kerja keras, Bantuan, bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Maka dari itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN Eng selaku Rektor, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Ratih Dianingtyas Kurnia, Ph.D, sebagai dosen pembimbing yang telah membantu penulis dan memberi bimbingan, saran untuk membantu penulis dalam menyelesaikan laporan.
4. PT. Wanatiara Persada yang telah memberikan kesempatdan kerja praktik, melakukan penelitian untuk tugas akhir, memberikan pengalaman, dan juga ilmu dalam dunia kerja.
5. Bapak Iklan Basalama selaku *Supervisor* dan seluruh staf departemen HSE PT. Wanatiara Persada yang memberikan dukungan dan juga memberikan saran dalam penyusunan tugas akhir.
6. Orang tua saya yang telah memberikan dukungan baik dari segi mental, materi, maupun dalam memberikan saran – saran yang membangun dan tidak bosan dalam mengingatkan.
7. Kepada seluruh *stakeholder* Yayasan Pendidikan dan dakwah Al Karomah serta seluruh pengajar dan pegawai yang memberikan dukungan dan arahan.
8. Kepada Sely Eginina Br Ginting dalam semangat yang diberikan kepada penulis dalam menulis dan menyelesaikan tugas akhir.

Semoga kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dibalas oleh Allah SWT dan menjadi amal ibadah. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih ada kekurangan, untuk itu penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun demi penulisan yang lebih baik di masa yang akan datang. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta,12
Desember 2025



M.Rifky Hidayat
22522168

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada aktivitas pembersihan tumpahan *ore* di area mesin feeder PT. Wanatiara Persada yang dilakukan secara *manual handling* dan menyebabkan pekerja mengalami risiko *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat risiko ergonomi, mengetahui keluhan muskuloskeletal pekerja, serta memberikan usulan perbaikan untuk mengurangi risiko kerja operator. Metode yang digunakan yaitu *Nordic Body Map* (NBM), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pembersihan ore memiliki skor REBA sebesar 10 yang termasuk kategori risiko tinggi dan memerlukan tindakan perbaikan segera. Hasil NBM menunjukkan keluhan dominan terdapat pada bagian punggung, pinggang, bahu, lengan, dan kaki akibat aktivitas *manual handling* yang dilakukan secara terus-menerus.

Berdasarkan hasil AHP, kriteria durability menjadi prioritas utama dalam pemilihan alternatif perbaikan. Oleh karena itu, diberikan usulan berupa rancangan desain penahan mesin feeder untuk mengurangi luapan ore dan meminimalkan aktivitas *manual handling* sehingga diharapkan dapat meningkatkan keselamatan dan produktivitas kerja operator.

Kata Kunci: Ergonomi, *Musculoskeletal Disorders* (MSDs), *Nordic Body Map* (NBM), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Analytical Hierarchy Process* (AHP), *Manual handling*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN i
SURAT BUKTI PENELITIAN ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
MOTTO vi
KATA PENGANTAR vii
ABSTRAK ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Batasan Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Kajian Literatur 6
2.2 Landasan Teori 9
2.2.1 Ergonomi 9
2.2.2 Postur Kerja 10
2.2.3. Musculoskeletal Disorders 10
2.2.4 Nordic Body Map (NBM) 10
2.2.5 Rapid Entire Body Assessment (REBA) 12
2.2.6 *Analytical Hierarchy Process* (AHP) 16
BAB III METODE PENELITIAN 22
3.1 Subjek Penelitian 22
3.2 Objek Penelitian 22
3.3 Jenis Data 22
3.4 Metode Pengumpulan Data 23
3.5 Alur Penelitian 24
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 28
4.1 Pengumpulan Data 28
4.1.1 Sejarah Perusahaan 28
4.1.2 Visi Misi Perusahaan 29
4.1.3 Struktur Organisasi 29
4.1.4 Tenaga Kerja dan Waktu Kerja 30
4.1.5 Proses Produksi 30
4.1.6 Hasil Produk 35
4.2 Pengolahan Data 36
4.2.1 Kuesioner Nordic Body Map (NBM) 36

4.2.2 Rapid Entire Body Assessment (REBA) 40
4.3.1 Analytical Hierarchy Process (AHP) 46
BAB V PEMBAHASAN 58
5.1 Analisa Nordic Body Map (NBM) 58
5.2 Analisa *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) 59
5.3 Analisa *Analytical Hierarchy Process* 61
5.4 Analisa Usulan Perbaikan 62
BAB VI PENUTUP 71
6.1 Kesimpulan 71
6.2 Saran 72
DAFTAR PUSTAKA 73
LAMPIRAN A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur 7
Tabel 2. 2 Kuesioner NBM 11
Tabel 2. 3 Matriks Perbandingan Berpasangan 18
Tabel 2. 4 Penyusunan Matriks Perbandingan Berpasangan 18
Tabel 2. 5 Random Index (RI) 21
Tabel 3. 1 Alur Penelitian 24
Tabel 4. 1 Struktur Perusahaan 29
Tabel 4. 2 Jam Kerja Perusahaan 30
Tabel 4. 3 Total Skor NBM 37
Tabel 4. 4 Perhitungan NBM 38
Tabel 4. 5 Neck, Legs, Trunk Posture Score 43
Tabel 4. 6 Total Skor A 43
Tabel 4. 7 Lower Arm, Wrist, Upper Arm Score 44
Tabel 4. 8 Total Skor B 44
Tabel 4. 9 Total Skor REBA 45
Tabel 4. 10 Penilaian REBA 46
Tabel 4. 11 Penjelasan Struktur AHP Kriteria dan Sub Kriteria 47
Tabel 4. 12 Penjelasan Struktur AHP Alternatif 48
Tabel 4. 13 Perbandingan Berpasangan antara kriteria 49
Tabel 4. 14 Perbandingan Berpasangan sub kriteria 50
Tabel 4. 15 Perbandingan berpasangan alterntatif dengan Sub Kriteria Biaya 50
Tabel 4. 16 Perbandingan berpasagan alternatif dengan Sub Kriteria Durability 51
Tabel 4. 17 Perbandingan berpasangan alternatif dengan sub kriteria kualitas 51
Tabel 4. 18 Perbandingan berpasangan alternatif dengan sub kriteria efektivitas dan Keberlanjutan 52
Tabel 4. 19 Kriteria Terhadap Kriteria 53
Tabel 4. 20 Pembobotan Sub Kriteria Terhadap Sub Kriteria biaya, Durability, Kualitas 54
Tabel 4. 21 Pembobotan Sub Kriteria Terhadap Sub Kriteria efektivitas, Keberlanjutan 54
Tabel 4. 22 Konsistensi Alternatif terhadap sub kriteria biaya 55
Tabel 4. 23 Konsistensi Alternatif terhadap sub kriteria durability dan kualitas 55
Tabel 4. 24 Konsistensi Alternatif terhadap sub kriteria efektivitas 56
Tabel 4. 25 Konsitensi Alternatif terhadap sub kriteria keberlanjutan 56
Tabel 4. 26 Pengambilan Keputusan 57
Tabel 4. 27 Peringkat Alternatif 57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ergonomi dalam Perancangan Desain 9
Gambar 2. 2 Bentuk Tubuh dalam Kuesioner NBM 11
Gambar 2. 3 Perhitungan Rapid Entire Body Assessment (REBA) 13
Gambar 2. 4 REBA Bagian Leher 14
Gambar 2. 5 REBA Bagian Punggung 14
Gambar 2. 6 REBA Postur Kaki 15
Gambar 2. 7 REBA Postur Pergelangan Tangan 15
Gambar 2. 8 REBA Postur Lengan Bagian Atas 15
Gambar 2. 9 REBA Postur Lengan Bagian Bawah 16
Gambar 2. 10 Analytical Hierarchy Process 17
Gambar 4. 1 Sistem RKEF 33
Gambar 4. 2 Feronikel 36
Gambar 4. 3 Aktivitas pengangkatan Ore 41
Gambar 4. 4 Pengukuran REBA terhadap aktivitas 42
Gambar 4. 5 Struktur Hirarki 46
Gambar 5. 1 Tampak Depan Redesain Penahan Mesin Feeder 66
Gambar 5. 2 Tampak Belakang Redesain Penahan Mesin Feeder 66
Gambar 5. 3 Tampak Samping Redesain Penahan Mesin Feeder 67
Gambar 5. 4 Gambar Teknik Penahan Mesin Feeder 67
Gambar 5. 5 Gambar Teknik Tiang Baja 68
Gambar 5. 6 Penahan Mesin Terhadap Beton 68
Gambar 5. 7 Hierarchy of Controls 70

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dalam teknologi telah membuat perubahan sangat berkembang pada di berbagai hal, terutama dalam bidang industri pengolahan nikel menjadi berbagai kebutuhan seperti *Stainless Steel*, Industri Konstruksi, Komponen Mesin, Adapun komponen utama yang digunakan untuk membuat baterai kendaraan listrik adalah nikel. Dari berbagai negara dengan sumber daya nikel terbesar di dunia salah satunya adalah Indonesia. Berdasarkan hasil survei dari geologi Amerika Serikat yang memperkirakan bahwa Indonesia akan menghasilkan lebih dari 1,8 juta ton metrik nikel pada tahun 2023, yang berarti bahwa sumber daya nikelnya akan menyumbang sekitar setengah dari produksi nikel global (Agnes Z. Yonatan, 2024).

Nikel merupakan salah satu bahan baku terpenting dalam sektor industri negara-negara Eropa, dengan meningkatnya permintaan akan nikel Indonesia akan berdampak pada ketersediaannya yang semakin menurun. Indonesia telah melakukan hilirisasi nikel, Berdasarkan data dari Kementerian ESDM yang menyatakan terkait hilirisasi nikel yang mengacu pada pengolahan nikel mentah menjadi komponen dasar baterai kendaraan Listrik, dengan itu Indonesia memiliki potensi sumber daya nikel yang sangat besar, mencapai 17 miliar ton dengan Cadangan sebesar 5 miliar ton, kebutuhan baterai di Indonesia hingga tahun 2030 diproyeksikan mencapai 108,2 GWh. Untuk mencapai target 20 juta kendaraan roda empat EV, diperlukan kapasitas smelter dalam negeri baru mampu memproduksi bahan baku setara 373 GWh, sehingga masih terdapat peluang investasi sebesar 407 GWh dalam sektor baterai EV (KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL, 2024).

Dalam produksi nikel yang dilakukan di smelter terdapat berbagai kecelakaan kerja terhadap para pekerja dan terdapat berbagai penyakit yang diderita dari pekerja yang disebabkan oleh berbagai aspek berbahaya, dari area kerja ataupun perilaku pekerja itu sendiri dan kurangnya waspada akan bahaya potensi kerja, salah satunya yaitu cedera yang mempengaruhi sistem *musculoskeletal,* mencakup otot, saraf, tendon,

sendi, kartilago dan diskus tulang belakang atau yang disebut sebagai *Musculoskeletal Disorder (Oktavia, 2024)*. Di perusahaan industri, pekerja adalah sumber daya utama untuk menjalankan proses bisnis. Pekerja di bidang manufaktur memegang peranan penting dalam menjamin kualitas produk jadi, khususnya di perusahaan terdapat berbagai kegiatan *manual handling* secara manual. Pekerja yang berulang kali melakukan *manual handling* seringkali mengalami kondisi yang mengganggu kesehatan, dapat berupa kelelahan dan gangguan otot dan tekanan fisik yang berlebihan juga bisa meningkatkan risiko pada kecelakaan kerja dan sakit yang diakibatkan pekerjaan (Meilani et al., 2023).

Pada sektor industri pertambangan memiliki beban pekerjaan yang tinggi karena mereka mempunyai target yang besar, pekerjaan yang sangat berat yang melibatkan kegiatan fisik yang membutuhkan kekuatan dan daya tahan yang tinggi, serta beroperasi di lingkungan kerja yang ekstrem. Proses kegiatan yang memerlukan upaya fisik yang signifikan (Winda et al., 2023). Terdapat faktor - faktor seperti kondisi cuaca yang ekstrem, tekanan waktu, dan risiko kecelakaan pekerja juga menambah tingkat stres dan kelelahan bagi pekerja. Pekerja di industri pertambangan juga sangat sering bekerja dalam keadaan lingkungan yang keras, dengan suhu yang ekstrem, kelembaban tinggi, debu dan kebisingan yang tinggi (Lady & Wiyanto, 2019). PT. Wanatiara Persada adalah salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang pengolahan dan pemurnian nikel menjadi produk *Feronikel (FeNi)*. Pada PT Wanatiara Persada terdapat kegiatan *manual handling* yang dilakukan pada para pekerja yang dapat mengakibatkan cedera pada pekerja. Hal ini mendorong PT. Wanatiara Persada untuk merancang sistem kerja yang dapat meminimalisir kecelakaan kerja dan kenyamanan para pekerja.

Pada smelter di area 100 pada permulaan bahan baku utama produksi yaitu *ore* dibawa disimpan di *stockpile* kemudian *ore* di masukkan ke mesin *feeder* menggunakan *excavator* yang di arahkan langsung ke area 86. Pada observasi yang dilakukan dan wawancara diketahui bahwa pada mesin *feeder* yang mengarah ke area 86 terdapat kendala yang sering terjadi yaitu pada bagian belakang mesin *feeder* terdapat area pembersihan *ore* yang mengakibatkan penahan mesin sering mengalami kejebolan pada penahan mesin sehingga dilakukan kegiatan *manual handling* bagi para pekerja

dilakukan pembersihan menggunakan sekop, kegiatan ini berlangsung berulang-ulang selama berjam - jam dan dilakukan terus-menerus setiap *shift* yang dilakukan, wawancara yang dilakukan kepada pekerja kegiatan ini memerlukan waktu kurang lebih 4- 5 jam, Hal ini menyebabkan para pekerja berhenti sejenak dikarenakan tubuh para pekerja yang mengalami kesakitan yang dapat menyebabkan apabila terlalu sering dilakukan maka akan berdampak terhadap produktivitias perusahaan yang di akibatkan dari keluhan dari para pekerja hingga membuat perusahaan kekurangan SDM pada bagian area mesin *feeder*.

Melihat permasalahan pada mesin *feeder* yang membuat para pekerja terus melakukan pekerjaan *manual handling* yang dapat berpengaruh pada produktivitas kerja karyawan sehingga pada permasalahan yang ada diperlukan penelitian pada kegiatan aktivitas kerja menggunakan pendekatan berdasarkan ergonomi. Pada Penelitian ini menggunakan ilmu ergonomi sebab perusahaan akan meningkatkan kualitas pada tempat para pekerja apabila keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) jika tidak segera diatasi atau dilakukan penanganan segera akan mengganggu konsentrasi dalam bekerja, menyebabkan kelelahan, pada akhirnya menurunkan produktivitas Dampak yang diakibatkan oleh musculoskeletal disorders (MSDs) pada aspek produksi yaitu berkurangnya output, kerusakan material produk yang hasil akhirnya mengakibatkan tidak terpenuhinya deadline produksi serta pelayanan yang tidak memuaskan. Selain itu, biaya yang ditimbulkan akibat absensi atau tidak masuknya pekerja akan menimbulkan penurunan keuntungan (Evadarianto, 2017). Dalam pemecahan masalah yang terjadi pada area mesin *feeder* dilakukan dengan menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM) dalam mengukur tingkat keluhan pekerja dari yang melakukan kegiatan aktivitas kemudian terdapat *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) yang dilakukan untuk mengukur postur kerja operator dalam melakukan kegiatan pembersihan *ore* di area mesin *feeder* dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang dilakukan pengambilan dari alternatif dalam memberikan solusi terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Pada kegiatan pembersihan *ore* dari area mesin *feeder* pada PT.Wanatiara Persada terdapat masalah pada mesin yang sering mengalami *overload* dari mesin *feeder* yang membuat kegiatan *manual handling* secara terus-menerus yang mengakibatkan keluhan sakit pada pinggang bagian belakang. Dalam rumusan masalah ini terdapat tiga pertanyaan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana tingkat risiko postur kerja operator berdasarkan nilai *Nordic Body Map* yang dilakukan operator pada kegiatan pembersihan *ore* di area mesin *feeder ?*
2. Bagaimana tingkat keluhan muskuloskeletal pekerja berdasarkan *Rapid Entire Body Assessment* pada bagian tubuh yang terdampak?
3. Apa alternatif perbaikan yang dapat diterapkan dari *Analytical Hierarchy Process* untuk mengurangi risiko ergonomi pada aktivitas tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang ditemukan, Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis keluhan muskuloskeletal dengan menggunakan *Nordic Body Map* pada risiko ergonomi yang berada di PT. Wanatiara Persada pada smelter area 100, dan memberikan rancangan usulan efektif dalam mengurangi *manual handling*.
2. Mengukur dan mengevaluasi tingkat postur kerja tubuh yang dialami operator menggunakan *Rapid Entire Body Assessment* berdasarkan bagian tubuh yang terdampak selama aktivitas pembersihan ore di area mesin *feeder* pada PT. Wanatiara Persada.
3. Memberikan usulan menggunakan *Analytical Hierarchy Process* dan saran dalam mengurangi risiko kerja tubuh pada operator yang melakukan pembersihan *ore* yang terjatuh dari mesin *feeder* di PT. Wanatiara Persada.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut adalah manfaat dari penelitian ini:

1. Pada PT. Wanatiara Persada menjadi tambahan terkait mengetahui risiko *Musculoskeletal Disorders* dan inovasi terhadap ergonomi pada lingkungan pekerjaan.
2. Pada akademik penelitian ini diharapkan menjadi tambahan dalam pengetahuan informasi MSDs, referensi, serta bahan rujukan bagi penelitian selanjutnya terkait topik topik ergonomi dan kecelakaan kerja.
3. Dihasilkan Berupa usulan alat kerja dalam mengurangi potensi cedera atau kecelakaan kerja pada proses aktivitas yang mengalami risiko *Musculoskeletal Disorders*.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilaksanakan di PT. Wanatiara Persada yang berada di Site Haul Sagu, Halmahera Selatan, Maluku Utara, Khususnya pada bagian smelter area 100.
2. Penelitian ini dilakukan selama bulan September 2025 – November 2025.
3. Penelitian dilakukan pada proses yang memiliki risiko *Musculoskeletal Disorders* pada bagian pekerja pembersihan *ore* di mesin *feeder*.
4. Pada usulan alat yang dirancang dalam mengurangi risiko pada pekerjaan berupa konsep dan ilustrasi saja.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan kegiatan penelusuran pada kajian pustaka dari berbagai sumber yang menyangkut penelitian. Sumber tersebut meliputi berbagai sumber seperti jurnal, buku, artikel dan referensi lain yang relevan dengan topik penelitian. Kajian literatur berfungsi sebagai dasar referensi untuk mendukung penelitian dengan topik sejenis. Penelitian ini menggunakan 15 jurnal sebagai rujukan. Jurnal tersebut terdiri dari 10 jurnal internasional dan 5 jurnal nasional.

Dari 15 jurnal yang dikutip dari penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode REBA *(Rapid Entire Body Assessment)* digunakan dalam 7 penelitian dari 15 jurnal yang dikutip dan RULA *(Rapid Upper Limb Assessment)* digunakan sebanyak 8 penelitian, REBA dan RULA banyak digunakan untuk menilai risiko ergonomi pada pekerjaan dengan aktivitas fisik ringan hingga sedang, seperti cleaning service, penjahit, operator mesin, pekerja mebel, pekerja batik, desainer komputer, hingga pekerjaan pengelasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa postur kerja yang tidak ergonomis, seperti membungkuk, jongkok, duduk statis dalam waktu lama, mengangkat beban, dan melakukan gerakan berulang, menyebabkan tingginya risiko *Musculoskeletal Disorders (MSDs).* Keluhan yang paling sering muncul berada pada bagian leher, bahu, punggung, pinggang, lengan, dan kaki. Pada penelitian ini objek yang diteliti adalah aktivitas berat dikarenakan pekerjaan menggunakan tenaga yang ekstra dalam menyekop *ore* yang memiliki berat sebesar 5-7 kg dalam sekali melakukan aktivitas *manual handling* ini dikarenakan *ore* meluap dari penahan mesin *feeder*.

Selain menilai risiko ergonomi, dari 15 jurnal penelitian terdahulu yang dikutip penelitian terdahulu juga terdapat kombinasi metode REBA atau RULA dengan metode lain yaitu *Nordic Body Map (*NBM*), Quick Exposure Check* (QEC), dan *NASA - TLX* untuk mengevaluasi keluhan *musculoskeletal* serta beban kerja fisik dan mental. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa tingginya risiko postur kerja sering kali disertai dengan peningkatan keluhan *musculoskeletal* dan beban kerja yang dirasakan

pekerja. Faktor - faktor seperti tekanan pekerjaan, tuntutan mental, pekerjaan berulang, durasi kerja yang panjang, dan lingkungan kerja yang kurang mendukung terbukti memperburuk kondisi fisik pekerja.

Tetapi dari 15 penelitian yang dikutip, Sebagian besar masih berfokus pada identifikasi dan penilaian risiko ergonomi. Dalam penelitian terdahulu yang dikutip juga terdapat telah melakukan redesain alat kerja dan perbaikan stasiun kerja untuk menurunkan tingkat risiko ergonomi. Namun, berdasarkan kajian penelitian yang telah dilakukan, belum ditemukan penelitian yang menggunakan pembuatan rancangan desain alat kerja dengan menggunakan metode REBA dan NBM dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam menentukan prioritas perancangan ulang fasilitas kerja. Fungsi AHP dalam penelitian ini sebagai alat pengambil keputusan untuk menentukan prioritas terbaik dari beberapa alternatif berdasarkan banyak kriteria secara sistematis dan terukur (Saaty, 2008). Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan penggunaan metode REBA, NBM, dan AHP pada perancangan ulang penahan mesin *feeder* untuk mengidentifikasi risiko ergonomi, mengetahui keluhan muskuloskeletal pekerja, serta menentukan alternatif perbaikan yang menjadi prioritas dalam proses pengambilan keputusan.

Berikut adalah rangkuman penelitian terdahulu yang dikutip dalam penelitian ini dan terdapat beserta metode yang digunakan dalam mendukung penelitian yang dilakukan di tunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

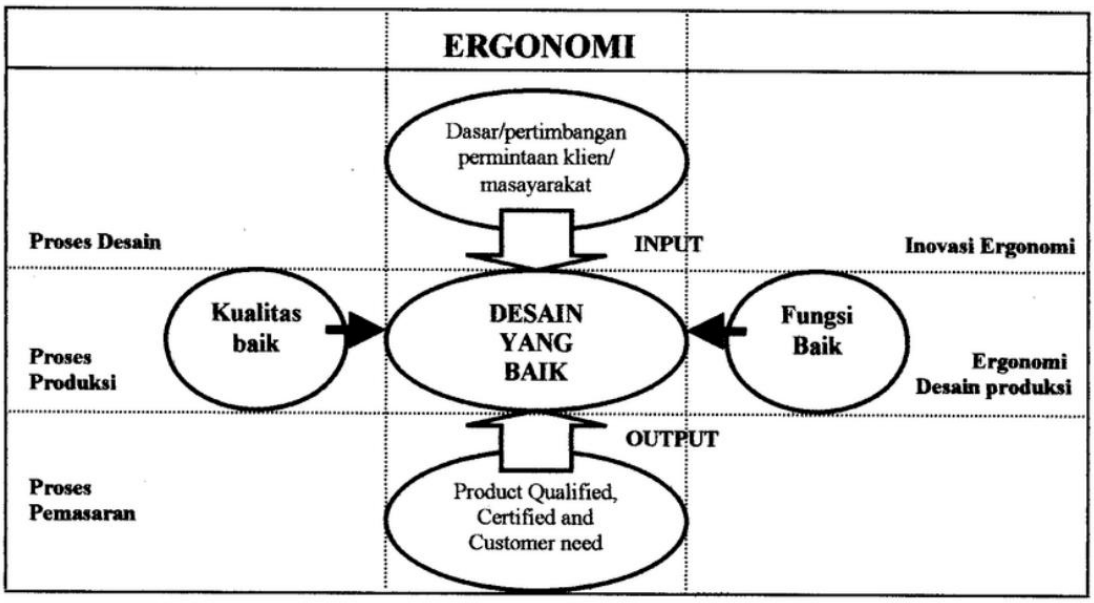
No	**Penulis Penelitian**	**Tahun Terbit**	**Metode**					
			REBA	**RULA**	**NBM**	**QEC**	**NASA-TLX**	**AHP**
1	Agnese Brunzini	2021					✓	
2	Dwi Noviani	2021						✓
3	Windu Imam Pambudi	2021						✓
4		2022	✓		✓			

No	Penulis Penelitian	Tahun Terbit	Metode					
			REBA	**RULA**	**NBM**	**QEC**	**NASA-TLX**	**AHP**
	Novianti Larasati							
5	Niftah Fatihah Armin	2022						✓
6	Friska Pakpahan	2023	✓		✓			
7	S.Z. Mohammadshahi	2023		✓				
8	Dzikri Rivaldi	2023						✓
9	J. González Alonso	2024	✓					
10	M. Rafiki Ihsan	2024	✓					
11	Rodrick Adams	2024	✓	✓				
12	Roja Auliyyah	2024	✓					
13	Yuda Armanda	2024		✓	✓			
14	Vivin Noviatun	2024	✓		✓	✓		
15	Javier González Alonso	2024		✓				
16	**M. Rifky Hidayat**	**2026**	✓		✓			✓

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Ergonomi

Ergonomi merupakan cabang ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dan elemen-elemen lain dalam sistem kerja. Tujuan utama dari ergonomi adalah untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem dengan merancang lingkungan kerja yang optimal. Dalam industri,penerapan ergonomi sangat penting untuk menciptakan kondisi kerja yang tidak hanya aman tetapi juga efisien. Mengingat banyaknya kasus cedera kerja yang disebabkan oleh faktor lingkungan, desain kerja yang tidak mempertimbangkan aspek ergonomi dapat mengakibatkandampak negatif bagi pekerja dan perusahaan (Timbul Pasaribu, 2024).



Gambar 2. 1 Ergonomi dalam Perancangan Desain

(Sumber :Wardani 2003)

2.2.2 Postur Kerja

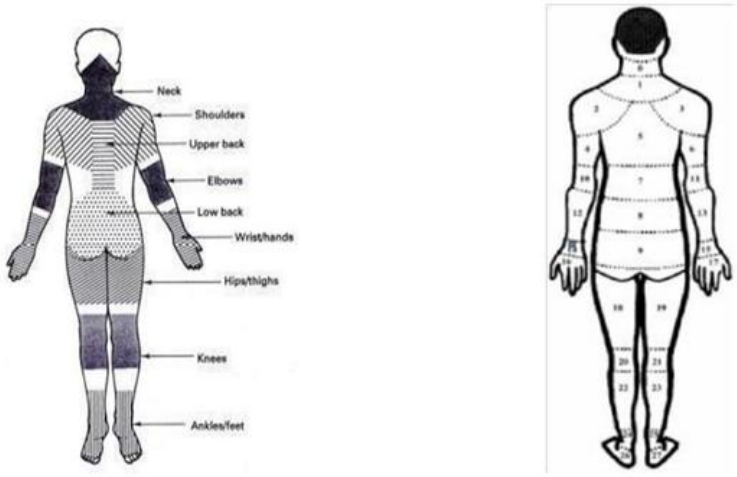
Postur kerja adalah posisi tubuh seseorang saat melakukan aktivitas kerja yang dilakukan para pekerja. Postur kerja berkaitan langsung dengan prinsip ergonomi karena ergonomi mengkaji hubungan manusia, lingkungan, dan mesin untuk mencegah cedera kerja, Posisi kerja yang tidak tepat menyebabkan gangguan otot dan memberikan beban kerja. Ada banyak faktor yang menyebabkan gangguan *musculoskeletal* pada pekerja salah satunya adalah postur tubuh. Postur tubuh adalah salah satu faktor potensial penyebab gangguan muskuloskeletal pada pekerja (Hasanah & ., 2019)

2.2.3. Musculoskeletal Disorders

Musculoskeletal Disorders adalah gangguan yang dialami seseorang dari keluhan ringan hingga nyeri parah pada bagian persendian, syaraf, otot dan tulang belakang akibat pekerjaan yang tidak alamiah (Wildasari & Nurcahyo, 2023), Umur merupakan faktor yang dapat berpengaruh pada tubuh dan pikiran seseorang. Seringkali seseorang merasakan keluhan pada otot yang dialami pada umur 24 - 65 tahun. Keluhan otot yang dirasakan mulai dari umur 35 tahun dan akan meningkat seiring bertambahnya usia. Para pekerja yang memiliki umur diatas 30 tahun lebih dapat cepat menderita keluhan musculoskeletal disorders dan apabila di lakukan terus-menerus akan menyebabkan cedera jangka panjang (Tarwaka, 2015).

2.2.4 Nordic Body Map (NBM)

*Nordic Body Map (*NBM*)* adalah alat bantu penilaian ergonomi yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur keluhan otot atau nyeri muskuloskeletal pada berbagai bagian tubuh pekerja. Metode yang dilakukan adalah pembuatan kuesioner yang kemudian di tanyakan ke operator untuk mengetahui keluhan yang dimulai dari nilai terendah yaitu tidak terasa sakit *(No Pain)*, Agak Sakit (Pain), kemudian Sangat Sakit (*Very Painfull)* (Hudaningsih & Mahardika, 2021).



Gambar 2. 2 Bentuk Tubuh dalam Kuesioner NBM

(Sumber : Armanda, 2024)

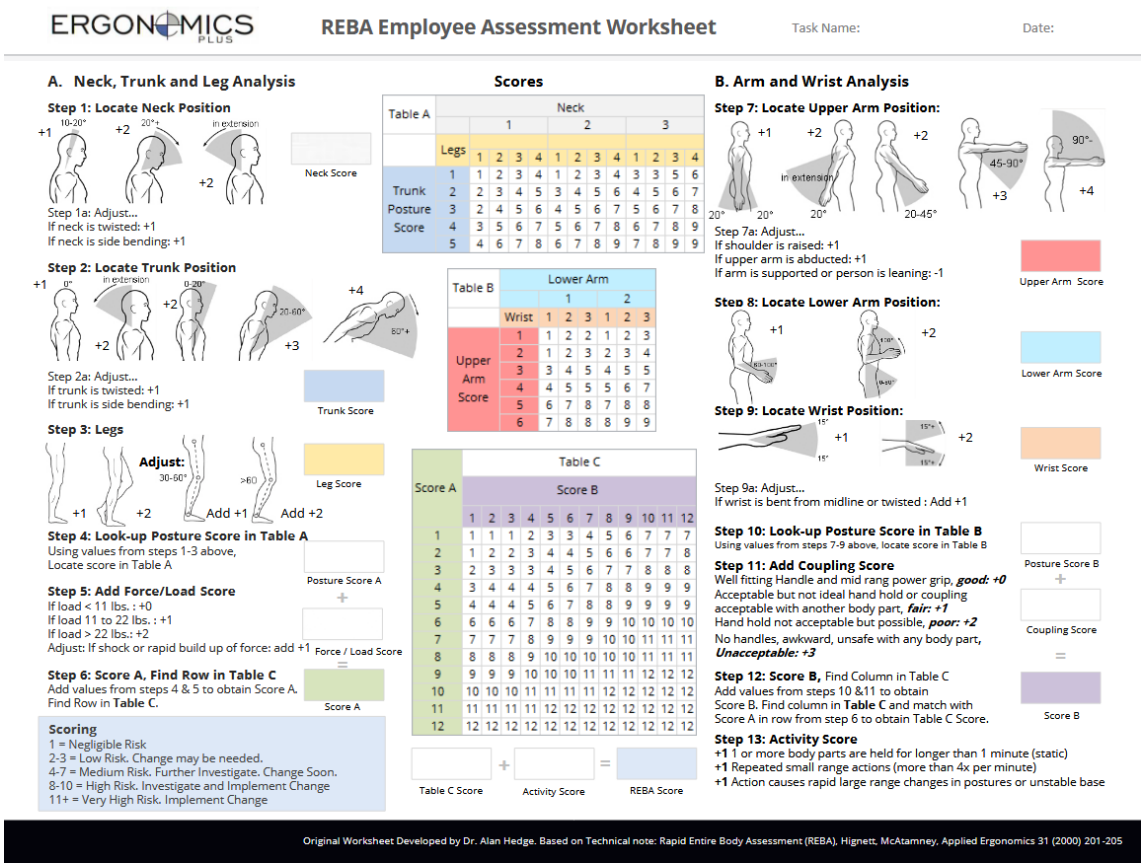
Tabel 2. 2 Kuesioner NBM

No	Bagian Segmen Tubuh	Tingkat Kesakitan			
		A	B	C	D
0	Sakit di leher bagian atas				
1	Sakit 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 di 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				

No	Bagian Segmen Tubuh	Tingkat Kesakitan			
		A	B	C	D
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 kaki kiri				
27	Sakit pada kaki kanan				

2.2.5 Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Rapid Entire Body Assessment (REBA) adalah alat analisis yang digunakan untuk menilai postur kerja secara cepat dan sederhana. Metode ini membantu peneliti mengamati posisi tubuh saat bekerja. REBA juga digunakan untuk mengevaluasi aktivitas kerja yang bersifat statis maupun dinamis. Hasil penilaian menunjukkan tingkat risiko terjadinya gangguan muskuloskeletal pada pekerja (Sari et al., 2020).

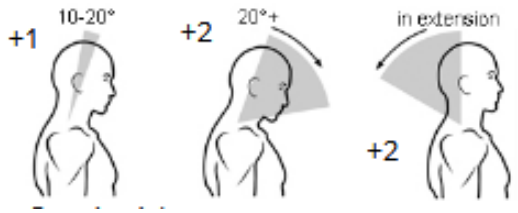


Gambar 2. 3 Perhitungan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

(Sumber : Hignett & McAtamney, 2000)

Lembar kerja REBA yang dikembangkan oleh Hignett & McAtamney (2000) ini membagi beberapa posisi postur tubuh mulai dari Postur leher, punggung, kaki, pergelangan tangan, lengan bagian atas, dan lengan bagian bawah, berikut adalah penjelasan dari penilaian yang terdapat pada lembar kerja perhitungan *Rapid Entire Body Assessment* :

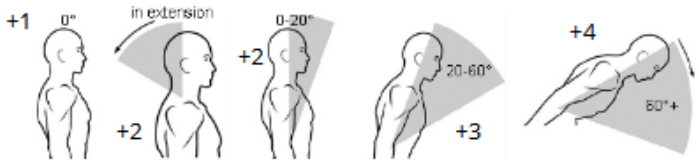
1. Postur Leher



Gambar 2. 4 REBA Bagian Leher

Penilaian pada postur bagian leher berada pada sudut bagian menunduk dan ekstensi mendongak yang dilakukan saat bekerja. Posisi leher dengan fleksi antara 10–20° diberi skor +1, sedangkan pada posisi > 20° diberi skor +2. Jika leher dalam posisi mendongak, skor yang diberikan adalah +2. Bila terdapat gerakan tambahan seperti memutar dan memiringkan posisi leher maka skor ditambahkan +1.

2. Postur Punggung



Gambar 2. 5 REBA Bagian Punggung

Penilaian terhadap punggung mencakup beberapa kategori sudut. Jika punggung dalam posisi netral (0°), maka diberikan skor +1. Untuk posisi ekstensi (mendongak), skor yang diberikan adalah +2. Jika terjadi fleksi antara 20 – 60°, maka diberikan skor +3, dan untuk fleksi > 60°, skor yang diberikan adalah +4. Bila punggung juga mengalami gerakan miring atau memutar, maka ditambahkan skor +1.

3. Postur Kaki



Gambar 2. 6 REBA Postur Kaki

Penilaian postur kaki juga termasuk dalam Grup A. Penilaiannya didasarkan pada posisi penopangan kaki saat bekerja. Informasi lebih lengkap dapat merujuk pada ilustrasi.

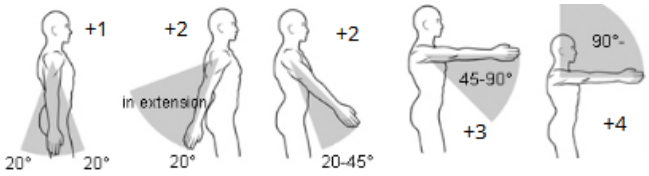
4. Postur Pergelangan Tangan



Gambar 2. 7 REBA Postur Pergelangan Tangan

Gerakan fleksi (menekuk ke bawah) maupun ekstensi (mengangkat ke atas) pergelangan tangan dengan sudut > 15° akan mendapatkan skor +2. Bila posisi pergelangan juga mengalami kemiringan atau gerakan memutar, Maka ditambahkan skor +1

5. Postur Lengan Bagian Atas



Gambar 2. 8 REBA Postur Lengan Bagian Atas

Pada Penilaian postur lengan atas dalam ergonomi dibagi berdasarkan sudut gerakan. Sudut fleksi atau ekstensi 0 sampai 20 derajat mendapat skor +1. Sudut

fleksi 20 sampai 45 derajat atau ekstensi lebih dari 20 derajat mendapat skor +2. Fleksi 45 sampai 90 derajat mendapat skor +3. Jika fleksi mencapai atau lebih dari 90 derajat maka skornya +4. Jika lengan menjauh dari tubuh atau terjadi abduksi maka ditambah skor +1. Jika bahu terangkat maka ditambah skor +1. Jika pekerja menggunakan penopang lengan saat bekerja maka skor dapat dikurangi 1 karena beban pada lengan lebih ringan.

6. Postur Lengan Bagian Bawah



Gambar 2. 9 REBA Postur Lengan Bagian Bawah

Penilaian postur lengan bawah dalam analisis ergonomi terbagi dua kondisi. Jika sudut fleksi berada pada 60 sampai 100 derajat, postur dianggap netral dan mendapat skor +1 karena masih nyaman secara biomekanik. Jika sudut kurang dari 60 derajat atau lebih dari 100 derajat, postur dinilai tidak ideal dan mendapat skor +2. Posisi ini dapat meningkatkan ketegangan otot dan risiko *musculoskeletal disorders* MSDs jika dilakukan lama. Gerakan yang berulang atau ditahan lama dapat menaikkan tingkat risiko. Penggunaan penopang lengan saat bekerja dapat menurunkan skor risiko sebesar 1 karena membantu mengurangi beban statis pada otot lengan bawah.

2.2.6 *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

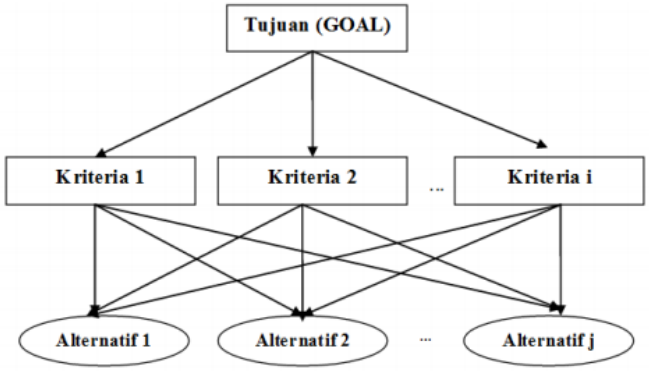
Analytical Hierarchy Process (AHP) Merupakan pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L Saaty. Metode ini digunakan pada penyelesaian masalah dalam berbagai faktor atau kriteria yang kompleks melalui penyusunan tabel hirarki. Pada tabel hirarki tersebut menggambarkan permasalahan dari berbagai tingkatan yang dimulai dari tujuan (*Goals*), kemudian terdapat kriteria, subkriteria, hingga alternatif pada tingkat terakhir (Saaty, 2008). Melalui penyusunan tabel hirarki, permasalahan yang kompleks dapat dibagi menjadi beberapa bagian yang lebih sederhana sehingga

lebih dapat dianalisis dengan sistematis dan terstruktur. Adapun AHP dipilih sebagai metode pengambilan keputusan sebagai berikut:

1. AHP memperhitungkan dalam pengambilan keputusan dengan menggunakan penilaian numerik dengan mempertimbangkan antara kriteria, sub kriteria dan alternatif.
2. Pada Tabel Hirarki, Penyusunan dilakukan berdasarkan kriteria yang telah dipilih hingga mencapai subkriteria pada tingkat terdalam
3. AHP mempertimbangkan tingkat validitas keputusan melalui pengujian konsistensi kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan sesuai batas toleransi inkonsistensi (Syaifullah, 2010).

   Dalam tahapan pada pengambilan keputusan AHP adalah sebagai berikut :

   a. mengidentifikasi masalah dan menentukan solusi yang ingin dicapai.
   b. membuat tabel hierarki yang diawali dengan tujuan (*Goals)*, kemudian dengan kriteria, sub kriteria dan alternatif pilihan, contoh tabel hirarki dapat dilihat pada tabel 2.10.



Gambar 2. 10 *Analytical Hierarchy Process*

Dalam perhitungan AHP yang dilakukan terdapat rumus AHP dalam menentukan alternatif terbaik dalam penelitian ini berdasarkan penelitian dari Saaty (2008)untuk berbagai persoalan, skala 1 sampai 9 adalah skala terbaik dalam mengekspresikan pendapat. Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan Saaty dapat dilihat pada tabel berikut :

1. Matriks Perbandingan Berpasangan

Tabel 2. 3 Matriks Perbandingan Berpasangan

Intensitas kepentingan	**Keterangan**
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai – Nilai antara dua nilai pertimbangan – pertimbangan yang berdekatan

Perbandingan dilakukan berdasarkan kebijakan pembuat Keputusan dengan menilai tingkat kepentingan satu elemen elemen lainnya. Proses perbandingan berpasangan dimulai dari level hierarki paling atas yang ditujukan untuk memilih kriteria, misalnya A, kemudian diambil elemen yang akan dibandingkan, misal A1, A2, dan A3. Maka susunan elemen - elemen yang dibandingkan tersebut akan tampak seperti pada gambar matriks di bawah ini :

Tabel 2. 4 Penyusunan Matriks Perbandingan Berpasangan

	A1	**A2**	**A3**
A1	1		
A2		1	
A3			1

Keterangan :

A : Matriks perbandingan berpasangan

Aij : Nilai perbandingan kepentingan elemen i terhadap elemen j menggunakan skala Saaty.

Sifat matriks :

$$aii = 1 \quad (1)$$

$$aji = \frac{1}{aij} \quad (2)$$

Untuk menentukan nilai kepentingan relatif antar elemen digunakan skala bilangan dari 1 sampai 9 seperti pada Tabel 2.3. Penilaian ini dilakukan oleh seorang pembuat keputusan yang ahli (*expert*) dalam bidang persoalan yang sedang dianalisis dan mempunyai kepentingan terhadapnya. Apabila suatu elemen dibandingkan dengan dirinya sendiri maka diberi nilai 1. Jika elemen i dibandingkan dengan elemen j mendapatkan nilai tertentu, maka elemen j dibandingkan dengan elemen i merupakan kebalikannya. Dalam AHP ini, penilaian alternatif dapat dilakukan dengan metode langsung (*direct*), yaitu metode yang digunakan untuk memasukkan data kuantitatif. Biasanya nilai-nilai ini berasal dari sebuah analisis sebelumnya atau dari pengalaman dan pengertian yang detail dari masalah keputusan tersebut. Jika pengambil keputusan memiliki pengalaman atau pemahaman yang besar mengenai masalah keputusan yang dihadapi, maka dapat langsung memasukkan pembobotan dari setiap alternatif

2. Penjumlahan setiap kolom :

$$Sj = \sum_{i=1}^{n} aij \quad (3)$$

Keterangan : Sj = Jumlah kolom ke j

Aij : Nilai pada baris i dan kolom ke j

N : Jumlah kriteria atau sub kriteria

Menormalisasikan :

$$rij \ \frac{aij}{\sum_{i=1}^{n} aij} \quad (4)$$

Keterangan :

- aij = nilai awal matriks
- rij = nilai hasil normalisasi

3. Menghitung Bobot Prioritas *(Eigen Vector/ Priority Vector)*

   Rata - rata setiap baris :

$$wi = \frac{\sum_{j=1}^{n} rij}{n} \quad (5)$$

   Hasil wi : bobot prioritas tiap kriteria

4. Menghitung *Weighted Sum Vector*

$$(AW)i = \sum_{j-1}^{n} aijWj \quad (6)$$

   Keterangan :

   AW = Weighted Sum Vector

   A = Matriks Perbandingan

   W = Priority Vector

5. Menghitung nilai egien maksimum

$$\lambda max \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{(AW)i}{Wi} \quad (7)$$

   Keterangan :

   λmax = Nilai eigen maksimum

   Awi = Nilai Weighted Sum

   Wi = Bobot Prioritas

6. *Consistency Index (CI)*

$$CI = \frac{\lambda max - n}{n - 1} \quad (8)$$

Keterangan :

CI = Consistency Index

λmax = Nilai eigen maksimum

n = Jumlah Kriteria

7. *Consistency Ratio (CR)*

$$CR = \frac{CI}{CR} \quad (9)$$

8. *Random Index (RI)*

Tabel 2. 5 *Random Index (RI)*

N	1,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,58

Penentuan nilai *Random Index* (RI) pada metode AHP dilakukan dengan melihat jumlah kriteria atau alternatif yang dibandingkan dalam matriks perbandingan berpasangan. Nilai RI tidak dihitung secara manual, tetapi diambil dari tabel *Random Index* yang telah dikembangkan oleh Thomas L. Saaty berdasarkan simulasi sejumlah besar matriks acak dengan berbagai ukuran, Matriks dinyatakan apabila konsisten jika CR<0,10 dan tidak konsisten apabila nilai CR > 0,1.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Subjek Penelitian

Pengertian Subjek penelitian adalah individu atau sebuah kelompok yang menjadi sumber data utama dalam suatu penelitian. Subjek dipilih karena memiliki keterkaitan langsung dengan permasalahan yang diteliti serta mampu memberikan informasi yang relevan dan valid. Subjek penelitian ini dilakukan pada departemen smelter 100 dan khususnya pada proses pembersihan *ore* dari mesin *feeder* yang mengangkut *ore* di smelter 100 ke smelter 86.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah pada operator PT. Wanatiara Persada pada Smelter 100 kelompok kerja pembersihan di mesin *feeder* pada proses pengangkatan *ore* yang terkait dengan *musculoskeletal disorders* atau MSDs menggunakan metode NBM dan REBA untuk menganalisis keluhan bagian otot yang mengalami rasa sakit berdasarkan tingkatan dari tidak sakit hingga sakit dan bagian tubuh mana yang mengalami risiko tertinggi pada tubuh, kemudian mengevaluasi usulan perbaikan dengan perbaikan menggunakan metode AHP.

3.3 Jenis Data

a. Data Primer

Data Primer adalah data yang didapat secara langsung oleh peneliti untuk memberikan hasil rumusan masalah penelitian, Pada penelitian ini, data primer meliputi tabel keluhan rasa sakit yang dialami oleh operator pada smelter 100 pembersihan *ore* di mesin *feeder*, Data tersebut diperoleh melalui penyebaran kuesioner *Nordic Body Map* kepada operator yang terlibat dalam aktivitas pembersihan *ore*

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung seperti jurnal, dan data Perusahaan. Data sekunder yang dipakai dalam penelitian ini adalah data risiko kecelakaan kerja pada smelter 100.

3.4 Metode Pengumpulan Data

a. Observasi

Pada tahapan observasi dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung pada objek penelitian yang sesuai fakta pada tempat dilangsungkan, Observasi ini dilakukan setelah mengetahui proses yang terdapat risiko *musculoskeletal disorders* pada bagian pengangkatan *ore* dari mesin *feeder*. Kegiatan observasi dilakukan untuk pengambilan data dalam bentuk foto, video atau dokumentasi pada proses aktivitas yang dilakukan dan postur kerja yang akan diolah dengan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Nordic Body Map* (NBM) dan pencarian alternatif menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

b. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan berkomunikasi langsung kepada operator kelompok kerja pengangkatan *ore* untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan yang berdasarkan keluhan yang dialami pekerja dan risiko yang dialami pada kegiatan yang dilakukan.

c. Kuesioner

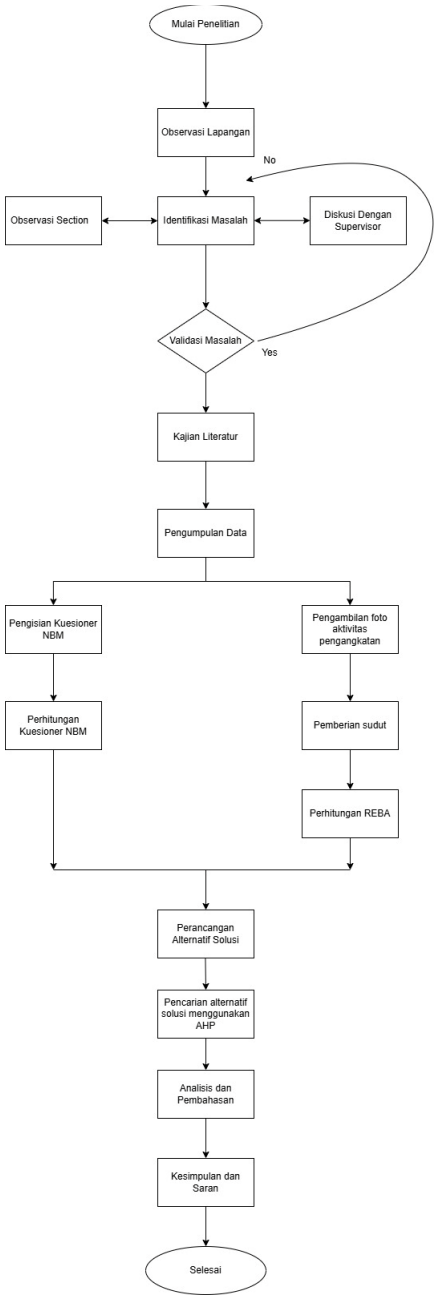
Kuesioner dilakukan dengan menyebarkan kuesioner yang berisi sejumlah pertanyaan yang telah disiapkan dan dikirimkan kepada responden untuk menjawab. Penelitian ini menggunakan kuesioner NBM yang digunakan untuk mengetahui bagian otot operator mana yang mengalami keluhan,

d. Studi Pustaka

Studi Pustaka yang digunakan pada penelitian ini adalah jurnal, Buku, artikel dan berbagai penelitian yang telah dilakukan terdahulu, kemudian digunakan sebagai pedoman pada penelitian yang dilakukan.

3.5 Alur Penelitian

Tabel 3. 1 Alur Penelitian



Berikut merupakan penjelasan dari *flowchart* penelitian :

1. Mulai Penelitian

   Dalam Memulai penelitian dengan melakukan observasi pada pekerja pengangkatan *ore* pada mesin *feeder* di smelter 100.

2. Identifikasi Masalah

   Pada penelitian ini kegiatan identifikasi masalah yang terjadi pada PT Wanatiara Persada. Pada Identifikasi masalah ini dilakukan wawancara yang dilakukan secara langsung kepada expert terkait penelitian yang akan dilakukan dan data yang dibutuhkan.

3. Kajian Literatur

   Pada tahap in kajian literatur yang Mencakup daftar referensi dari berbagai sumber seperti jurnal, artikel, buku, tesis, tugas akhir dan karya ilmiah yang dikutip dalam penelitian.

4. Pengumpulan Data

   Data yang didapat kemudian diolah menggunakan kuesioner dari *Nordic Body Map* dengan mengisi kuesioner berdasarkan kondisi tubuh setelah bekerja.Tubuh yang dibagi 28 bagian dimulai dari leher bagian atas hingga kaki bagian, Lalu memberi tanda centang pada setiap bagian sesuai tingkat keluhan yang dirasakan, Mulai dari tidak sakit, agak sakit, sakit, sampai sangat sakit, Kemudian pada data pada *Rapid Entire Body Assessment* dilakukan dengan pengambilan gambar kepada pekerja yang melakukan pengangkatan *ore* kemudian diolah dengan menghitung sudut derajat pekerja yang menentukan tingkat risiko yang dilakukan.

5. Pengolahan data kuesioner NBM

   Dalam 28 bagian tubuh yang di kategorikan diisi dengan centang, Kemudian dilanjutkan dengan menjumlahkan skor untuk mengetahui tingkat risiko gangguan muskuloskeletal, Lalu di jumlahkan total risiko hingga mendapatkan tingkat risiko pekerjaan. Hasil ini kemudian digunakan untuk

menentukan perbaikan postur kerja dan lingkungan kerja agar lebih ergonomis.

6. Perhitungan REBA

   Pada perhitungan yang dilakukan adalah memberi sudut pada gambar pekerja yang diambil dengan menggunakan alat bantu *software Angle Meter* 360, Kemudian memberikan sudut dimulai dari posisi leher hingga pergelangan, Lalu setelah mendapatkan sudut Setelah mengetahui sudut pada bagian tubuh operator sehingga dapat dikategorikan skor yang didapatkan berdasarkan sudut yang sesuai dengan metode REBA, Kemudian skor yang didapatkan kemudian dikategorikan dalam level risiko dalam tingkat skor yang dihasilkan.

7. Perhitungan alternatif solusi AHP

   Dilakukan dengan langkah pertama menentukan tujuan, kriteria, dan alternatif dalam bentuk struktur hierarki, Kedua membuat matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dengan skala 1 sampai 9 untuk menunjukkan tingkat kepentingan. Ketiga, hitung bobot tiap kriteria dengan menormalkan matriks dan mencari nilai rata rata tiap baris. Keempat, uji konsistensi dengan menghitung *Consistency Ratio* agar hasil penilaian tidak acak. Terakhir, kalikan bobot kriteria dengan nilai alternatif untuk menentukan pilihan terbaik berdasarkan nilai tertinggi.

8. Analisis dan Pembahasan

   Pada analisis dan pembahasan meliputi penjabaran dari hasil dari penelitian ini. Pada bagian ini akan menampilkan hasil dari pengolahan data dari *Nordic Body Map*, *Rapid Entire Body Assessment* dan *Analytical Hierarchy Process*.

9. Kesimpulan dan saran

   Tahap ini berisi hasil dari penelitian terhadap permasalahan yang ada. Selain itu di bagian ini juga ada pemberian saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada operator di kelompok pembersihan *ore* di mesin *feeder*

pada PT. Wanatiara Persada. Selain itu juga diberikan saran mengenai perbaikan yang dapat dilakukan.

10. Selesai

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Sejarah Perusahaan

PT. Wanatiara Persada adalah perusahaan Penanaman Modal Asing (PMA) yang bergerak di bidang tambang mineral, khususnya pertambangan nikel, Kantor pusat dari perusahaan ini berada di Jakarta Utara. PT Wanatiara Persada didirikan pada 20 Juli 2007 sebagai bagian dari upaya pengembangan sektor pertambangan nasional yang berorientasi pada peningkatan nilai tambah mineral di dalam negeri. Ujar Supervisor HSE, Di tahun 2006, lahan pertambangan yang berlokasi di Halmahera selatan, Site Haul Sagu, pertama dimiliki oleh PT. Aneka Tambang (Persero) Tbk. Setelah perusahaan BUMN yang bergerak di bidang pertambangan tersebut dicabut izin oleh pemerintah, kemudian diambil alih oleh PT. Wanatiara Persada untuk dikembangkan lebih lanjut. Sejak saat itu, PT. Wanatiara Persada secara resmi memegang hak pengelolaan wilayah tambang tersebut dan mulai melakukan kegiatan eksplorasi serta pembangunan fasilitas pendukung.

PT. Wanatiara Persada melakukan Kerja sama dengan salah satu perusahaan BUMN milik Negara China yaitu Jinchuan Group Co., Ltd., sebuah perusahaan multinasional asal Tiongkok yang termasuk dalam jajaran produsen nikel dan kobalt terbesar di dunia. Melalui dukungan teknologi dan investasi dari Kerja sama dengan Jinchuan Group Co., Ltd., PT. Wanatiara Persada berfokus pada kegiatan penambangan dan pengolahan bijih nikel laterit menjadi *feronikel* (*FeNi*) yang bernilai ekonomi tinggi.

Pembangunan fasilitas smelter *feronikel* dimulai sekitar Tahun 2016 di desa kawasi kecamatan Obi, Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara, dengan tujuan mendukung kebijakan pemerintah Indonesia mengenai hilirisasi mineral dan peningkatan nilai tambah sumber daya alam di dalam negeri. Fasilitas ini mulai beroperasi secara komersial pada tahun 2019 menggunakan Metode RKEF (*Rotary Kiln-Electric Furnace*) yang mampu menghasilkan *feronikel* dengan kadar nikel sekitar 10,69% Ni.

4.1.2 Visi Misi Perusahaan

a. Visi

PT. Wanatiara Persada memiliki Visi yaitu ” Menjadi perusahaan penghasil *Feronikel* berskala global serta menciptakan nilai tambah berkelanjutan bagi pemangku kepentingan”.

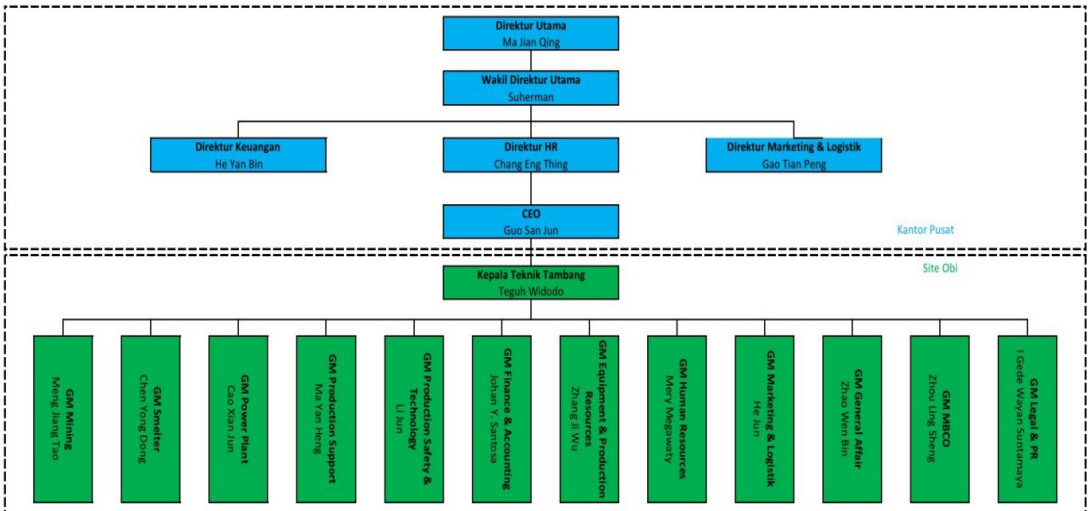
b. Misi

1. Beroperasi dengan efisien sekaligus memperhatikan keselamatan dan Kesehatan kerja serta lingkungan.
2. Meningkatkan kompetensi dan kesejahteraan pegawai serta menciptakan budaya organisasi yang beretika dan berkinerja tinggi.
3. Peduli dan melaksanakan tanggung jawab sosial terutama untuk masyarakat di sekitar lokasi operasi perusahaan.

4.1.3 Struktur Organisasi

PT. Wanatiara Persada selaku Perusahaan penanaman modal asing bergerak di bidang tambang nikel dalam melaksanakan aktivitasnya tidak terlepas dari pengawasan serta pengendalian guna mencapai tujuan tertentu. Semakin rumit yang dikerjakan maka

Tabel 4. 1 Struktur Perusahaan



akan semakin banyak yang berada di organisasi, dan semakin kompleks hubungan yang dimiliki dalam pelaksanaan aktivitas tersebut. Dalam penggambaran hubungan kerja

sama antara tiap tiap aktivitas atau fungsi, dibuat struktur organisasi sehingga tertera jelas hubungan, dan wewenang dan tanggung jawab dari bagian-bagian yang berada di dalam posisinya.

4.1.4 Tenaga Kerja dan Waktu Kerja

Saat ini PT. Wanatiara Persada memiliki karyawan tetap dengan jumlah ±1.500 pekerja yang tersebar di berbagai macam divisi. Para karyawan PT. Wanatiara Persada bekerja selama 11 jam dengan rincian jam kerja dan istirahat sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Jam Kerja Perusahaan

Hari	Jam Kerja	Keterangan
Senin – Kamis	07.00 – 12.00	Jam Kerja
	12.00 – 13.00	Istirahat
	13.00 – 18.00	Jam Kerja
Jumat	07.00 – 11.30	Jam Kerja
	11.30 – 13.00	Istirahat
	13.00 – 18.00	Jam Kerja
Sabtu	07.00 – 12.00	Jam Kerja
	12.00 – 13.00	Istirahat
	13.00 – 18.00	Jam Kerja
Minggu	07.00 – 12.00	Jam Kerja
	12.00 – 13.00	Istirahat
	13.00 – 18.00	Jam Kerja

4.1.5 Proses Produksi

PT. Wanatiara Persada memproduksi *feronikel* (*FeNi*) bahan baku utama pembuatan baja tahan karat *(stainless steel)*, PT. Wanatiara Persada menggunakan metode penambangan *RKEF (Rotary Kiln Electric Furnace)*, Berikut merupakan proses produksi :

1. Proses Pertambangan (*Mining Process)*

   Dilakukan untuk membersihkan area tambang dari vegetasi dan tanah penutup (*top soil*). *Top soil* yang memiliki unsur hara tinggi disimpan terpisah untuk digunakan kembali pada tahap reklamasi.

2. Pengupasan Lapisan Penutup (*Overburden Removal*)

   Tanah dan batuan penutup di atas lapisan bijih nikel dikupas menggunakan alat berat seperti *excavator* dan *dump truck* agar bijih nikel dapat diekspos.

3. Penambangan Bijih Nikel (*Ore Extraction*)

   Setelah lapisan bijih terlihat, kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem *open pit mining*. Bijih nikel yang telah ditambang dikumpulkan dan diklasifikasikan berdasarkan kadar nikel.

4. Pengangkutan Bijih (*Ore Hauling*)

   Bijih nikel dari lokasi tambang diangkut menggunakan *dump truck* menuju area *stockpile* untuk dilakukan penimbangan dan penyimpanan sementara sebelum dikirim ke pabrik pengolahan (*smelter*)

5. Proses pengolahan (*Processing/ Smelting Process*)

   Tahapan ini bertujuan untuk mengubah bijih nikel laterit menjadi produk akhir berupa feronikel (FeNi). Area *smelter* yang dimiliki oleh PT. Wanatiara Persada dibagi menjadi 3 Level, yaitu Smelter 100, Smelter 86, dan Smelter 66. Proses pengolahan dilakukan di fasilitas *smelter* menggunakan Metode RKEF (*Rotary Kiln Electric Furnace*) Tahapan utamanya meliputi:

   1. Pengeringan menggunakan tanur pengering (*rotary drier*, RD)
   2. Pengeringan lanjutan dan kalsinasi menggunakan tanur pereduksi (*rotary kiln*, RK)
   3. Peleburan dan reduksi lanjutan di tanur peleburan (*electric furnace*, EF)
   4. Pembekuan (casting), pengeringan dan pengepakan
   5. Pembekuan, pengangkutan dan pemanfaatan terak

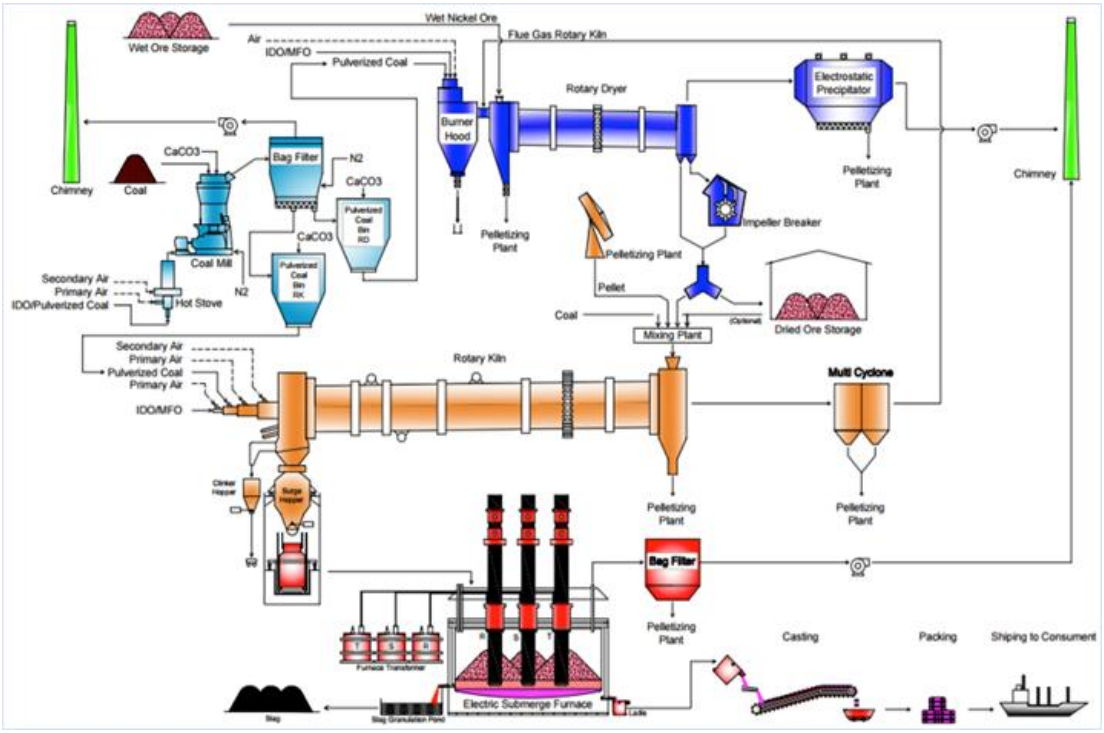
6. Hasil Pengolahan dan pemurnian

   Operasi smelter RKEF milik WP beroperasi dengan mengacu pada Surat Keputusan Gubernur Maluku Utara No. 261/KPTS/MU/2015 tentang Izin Lingkungan tanggal 23

Desember 2015. Dalam Izin Lingkungan tersebut dicantumkan bahwa kapasitas smelter RKEF milik PT WP adalah 2.000.000 WMT per tahun dan menghasilkan 200.000 MT FeNi per tahun dengan kadar 12% Ni atau setara dengan 24.000 MT Ni. Sedangkan dalam dokumen Studi Kelayakan produk FeNi yang dihasilkan direncanakan sebanyak 136.000 MT dengan kadar 15% Ni atau setara dengan 20.400 MT Ni. Dalam dokumen studi kelayakan tersebut, bijih yang diolah sebanyak 1.354.042 DMT dengan kadar air (MC) sebanyak 35% atau setara dengan 2.083.143 WMT.

Realisasi produksi FeNi pada tahun 2023 sebanyak 188.994 MT dengan kadar 10,69% Ni atau setara dengan 20.198 MT Ni. Operasi smelter RKEF tersebut membutuhkan pasokan bijih nikel dengan realisasi sebanyak 1.983.247 WMT. Realisasi umpan bijih tersebut sedikit di bawah target tahun 2023 sebanyak 1.983.326 WMT. Dengan demikian, jumlah bijih nikel dan jumlah Ni yang dihasilkan tidak jauh berbeda atau masih di bawah rencana dalam dokumen Studi Kelayakan serta masih di bawah Izin Lingkungan yang telah diperoleh.

Dalam kondisi operasi aktual, kadar Ni dalam produk FeNi tidak mencapai 15% seperti telah tercantum dalam dokumen Studi Kelayakan. Tidak juga mencapai 12% seperti tercantum dalam dokumen Izin Lingkungan. Tetapi menyesuaikan dengan kondisi permintaan pasar. Permintaan pasar untuk produk FeNi hampir seluruhnya berkadar di bawah 12%. Namun tidak ada yang membutuhkan kadar 15% Ni. Hanya sebagain kecil yang membutuhkan kadar diatas 20%. Karenanya pula, WP harus mengubah pola operasi smelter RKEF agar menghasilkan produk dengan kandungan Ni sesuai permintaan pasar bukan kadar berdasarkan dokumen Studi Kelayakan. Dokumen Studi Kelayakan hanya dijadikan referensi awal kelayakan proyek dari segi teknis, ekonomi dan lingkungan. Namun demikian, kapasitas pemakaian bijih diwajibakan tidak melebihi jumlah seperti telah ditentukan dalam dokumen Izin Lingkungan. Kondisi operasional smelter juga tidak memungkinkan kadar dan jumlah yang direncanakan akan persis sama dengan jumlah dan kualitas seperti yang direncanakan.



Gambar 4. 1 Sistem RKEF

7. *Revovery* pengolahan dan pemurnian

   Realisasi *recovery* pengolahan bijih nikel tahun 2023 adalah sekitar 91,9% lebih tinggi dari rencana sebesar 90%. Sedangkan untuk tahun 2024-2026 tingkat *recovery smelter* direncanakan 90%. Rencana *recovery* nikel pada tahun 2024-2026 relatif lebih rendah dari realisasi *recovery* tahun 2023. Hal ini disebabkan karena komposisi kimia bijih yang cenderung berubah-ubah sehingga banyak memerlukan pengaturan proses produksi (*adjustment*). *Recovery* nikel pada operasi *smelter* akan terus diupayakan untuk naik hingga batas paling optimal. Langkah optimasi dan perbaikan pola operasi yang paling ideal akan terus diupayakan.

8. Sisa Pengolahan/ Tailing

   Pada tahun 2023, jumlah sisa hasil Pengolahan dalam bentuk slag berjumlah 2.789.592m^3 atau setara 931.801 ton. Jumlah tersebut lebih besar dari target yang direncanakan yaitu 2.405.963 m^3 atau setara 803.55 ton. Jumlah slag yang dihasilkan melebihi rencana walau realisasi FeNi tidak mencapai target. Ini berkaitan erat dengan komposisi kimia pada bijih dimana Sebagian besar komponennya terpisahkan dan

masuk slag. Pada tahun 2024, rencana slag yang dihasilkan adalah sejumlah 2.873.494 m^3 atau setara 960.000 ton. Demikian juga untuk rencana tahun 2025 dan 2026.

Pada tahun 2023, seluruh *slag* yang dihasilkan dari sisa proses Pengolahan dan pemurnian ditimbun pada tempat penimbunan slag yang telah mendapatkan izin (TPS). *Slag* tersebut akan digunakan untuk media penimbunan jalan di sekitar lokasii operasi tambang dan *smelter* (*road base*). Tidak tertutup kemungkinan untuk memanfaatkannya menjadi batako atau pemanfaatan lainnya.

9. Reklamasi dan Pasca Tambang

   Agar dampak negatif dapat dikelola dengan baik, perusahaan di sector pertambangan perlu melakukan kegiatan reklamasi dan pascatambang sesuai dengan Undang-Undang Nomor 4 tahun 2009. Kegiatan pascatambang bertujuan untuk memulihkan lingkungan alam dan sosial masyarakat di seluruh wilayah penambangan (Rizki et al., n.d.).

   Reklamasi menurut Pasal 1 angka 26 Undang-undang Nomor 4 tahun 2009 adalah kegiatan yang dilaksanakan untuk seluruh tahapan kegiatan pertambangan. Kegiatan ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas lingkungan, ekosistem, serta mengembalikan fungsi lahan sesuai dengan peruntukannya.

   Kegiatan reklamasi yang dilakukan pasca tambang oleh PT. Wanatiara Persada yaitu melakukan penanaman kembali terhadap lahan penambangan. Adapun beberapa tanaman yang digunakan dalam proses reklamasi oleh PT. Wanatiara Persada seperti, pohon cemara gunung, pohon cemara pantai, pohon akasia, pohon kayu putih dan beberapa tanaman lainnya.

10. Manajemen Perawatan Fasilitas

    Perawatan fasilitas kantor merupakan sekumpulan kegiatan yang dilakukan untuk menjaga, merawat, dan memastikan kondisi fisik serta fungsi bangunan atau sarana kantor tetap dalam keadaan optimal. Tujuan utamanya adalah agar fasilitas tersebut dapat terus mendukung kelancaran operasional bisnis sekaligus memberikan kenyamanan bagi para karyawan yang bekerja di dalamnya (Andyka Herlambang, 2023).

    Pada PT. Wanatiara Persada memiliki dua bengkel untuk melakukan perbaikan, yaitu workshop dan bengkel fabrikasi. *Workshop* digunakan untuk memperbaiki unit alat

berat yang mengalami kerusakan seperti *Dump Truck*, *Light Vehicle*, dan *Exca*. Bengkel fabrikasi dilakukan untuk proses pengelasan part mesin yang rusak atau perlu adanya perbaikan. Sedangkan untuk perkantoran dan mess tempat tinggal karyawan, perusahaan melakukan perawatan fasilitas kantor dengan tenaga kerja *cleaning service* dan melakukan perawatan terkait sarana komunikasi dan informasi melalui departemen MBO (*Management Basecamp* Obi).

4.1.6 Hasil Produk

Feronikel merupakan salah satu produk utama yang dihasilkan oleh PT. Wanatiara Persada dalam bidang pengolahan dan pemurnian nikel. *Feronikel* sendiri merupakan perpaduan antara unsur besi (*Fe*) dan nikel (*Ni*) yang diperoleh melalui proses pertambangan.

Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Maluku Utara No. 261/KPTSU/MU/2015 tentang izin lingkungan tanggal 23 Desember 2015. Dalam Izin Lingkungan tersebut dicantumkan bahwa kapasitas smelter RKEF milik PT WP adalah 2.000.000 WMT per tahun dan menghasilkan 200.000 MT *FeNi* per tahun dengan kadar 12% Ni atau setara dengan 24.000 MT Ni. Dalam kondisi operasi aktual, Kadar *Ni* dalam produk FeNi tidak mencapai 12%. Sedangkan dalam dokumen Studi Kelayakan produk *FeNi* yang dihasilkan direncanakan sebanyak 136.000 MT dengan kadar 15% Ni atau setara dengan 20.400 MT *Ni*.

Dalam kondisi operasi aktual, kadar Ni dalam produk FeNi tidak mencapai 15% seperti telah tercantum dalam dokumen Studi Kelayakan. Tidak juga mencapai 12% seperti tercantum dalam dokumen Izin Lingkungan. Bukan tidak sanggup, tapi semata menyesuaikan dengan kondisi permintaan pasar. Permintaan pasar untuk produk *FeNi* hampir seluruhnya berkadar di bawah 12%. dan tidak ada yang membutuhkan kadar 15% *Ni*.

Produk utama yang dihasilkan berupa *Feronikel* (FeNi) dengan kadar nikel sebesar 10,69% Ni, yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan baja (*stainless steel*).



Gambar 4. 2 Feronikel

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Kuesioner Nordic Body Map (NBM)

Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) merupakan tahap awal yang digunakan dalam mengidentifikasi keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) pada pekerja saat melakukan aktivitas kegiatan. Penelitian dilakukan dengan menyebarkan kuesioner yang terdiri dari 28 pertanyaan mengenai bagian tubuh yang mengalami keluhan serta tingkat rasa sakit yang dirasakan. Penentuan responden dalam penelitian ini menggunakan metode total sampling, yaitu seluruh operator yang terlibat langsung dalam kegiatan pembersihan ore di area mesin *feeder* dijadikan sebagai responden. Berdasarkan data dari perusahaan, jumlah operator yang melakukan aktivitas tersebut adalah 3 orang per shift, sehingga seluruh populasi dijadikan subjek penelitian.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan skala, yaitu dengan A dengan bobot 1 untuk kategori tidak sakit, B dengan bobot 2 untuk kategori cukup sakit, C dengan bobot 3 untuk kategori sakit, dan D dengan bobot 4 untuk kategori sangat sakit, Kuesioner NBM diberikan kepada 3 pekerja yang melakukan pembersihan ore pada area mesin *feeder*. Nilai skor total dari seluruh pekerja kemudian dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Total\ skor \frac{Jumlah\ total\ skor\ individu}{Banyak\ responden} x100\%$$

Dalam penentuan tingkat risiko yang dilakukan pada pekerjaan ini terdapat tabel yang digunakan untuk mengklasifikasikan tingakat risiko pada otot. Tabel tersebut pada total skor dengan rentang 28-49 dikategorikan bahwa tidak ada tindakan perbaikan yang diperlukan, Pada skor 50-70 dikategorikan ada kemungkinan dibutuhkan tindakan perbaikan dan pada skor 71-91 dikategorikan dengan adanya tindakan perbaikan segera diperlukan, dan skor 92-112 mengindikasikasikan diperlukan tindakan perbaikan yang perlu segera (Tarwaka, 2015), Penentuan tabel tingkat risiko adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Total Skor NBM

Skala Likert	**Total *Score* Individu**	**Tingkat Risiko**	**Tindakan Perbaikan**
1	28-49	Rendah	Belum diperlukan adanya tindakan perbaikan
2	50-70	Sedang	Mungkin diperlukan tindakan lebih lanjut
3	71-91	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
4	92-112	Sangat Tinggi	Diperlukan tindakan menyeluruh sesegera mungkin

Tabel 4. 4 Perhitungan NBM

No	Bagian Segmen Tubuh	Operator				
		Tingkat Kesakitan				Score
		A	B	C	D	
0	Sakit di leher bagian atas	0	2	1	0	2,333333
1	Sakit di leher bagian bawah	0	3	0	0	2
2	Sakit di bahu kiri	0	0	1	2	3,666666
3	Sakit di bahu kanan	0	0	0	3	4
4	Sakit pada lengan atas kiri	0	0	1	2	3,666666
5	Sakit di punggung	0	0	0	3	4
6	Sakit pada lengan atas kanan	1	0	2	0	2,333333
7	Sakit di pinggang	0	0	2	1	3,333333
8	Sakit pada bokong	2	1	0	0	1,333333
9	Sakit pada bagian bawah pantat	1	2	0	0	1,333333
10	Sakit pada siku kiri	0	0	2	1	3,333333
11	Sakit pada siku kanan	0	0	0	3	4
12	Sakit pada lengan bawah kiri	0	0	3	0	3
13	Sakit pada lengan bawah kanan	0	0	1	2	3,333333
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	0	0	1	2	3,333333
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	0	0	1	2	3,333333
16	Sakit pada tangan kiri	0	0	3	0	3
17	Sakit pada tangan kanan	0	0	1	2	3,333333
18	Sakit pada paha kiri	0	2	1	0	2,333333
19	Sakit pada paha kanan	0	0	3	0	3

Tabel 4. 4 Perhitungan NBM

No	Bagian Segmen Tubuh	Operator				
		Tingkat Kesakitan				Score
		A	B	C	D	
20	Sakit pada lutut kiri	0	2	1	0	2,333333
21	Sakit pada lutut kanan	0	3	0	0	2
22	Sakit pada betis kiri	0	0	3	0	3
23	Sakit pada betis kanan	0	2	1	0	2,333333
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	3	0	0	0	1
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	2	1	0	0	4
26	Sakit pada kaki kiri	0	2	1	0	2,333333
27	Sakit pada kaki kanan	0	0	2	1	3,333333
Jumlah						73

Klasifikasi pada pengkategorian tabel :

- A = Tidak Sakit dengan nilai sebesar 1
- B = Cukup Sakit dengan nilai sebesar 2
- C = Sakit dengan nilai sebesar 3
- D = Sangat Sakit dengan nilai sebesar 4

Berdasarkan pada tabel diatas diketahui nilai keluhan nilai keluhan dari ketiga pekerja pengangkutan *ore* dengan total skor yaitu 73. Pada skor 73 dikategorikan tinggi yang diperlukan Tindakan segera. Berdasarkan nilai total dari ketiga responden yang merupakan keseluruhan operator yang bertugas pada aktivitas pembersihan ore di area mesin feeder, sehingga data yang diperoleh merepresentasikan seluruh populasi pada area kerja tersebut. Maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis secara lebih mendalam untuk mengetahui risiko MSDs menggunakan metode REBA.

4.2.2 Rapid Entire Body Assessment (REBA)

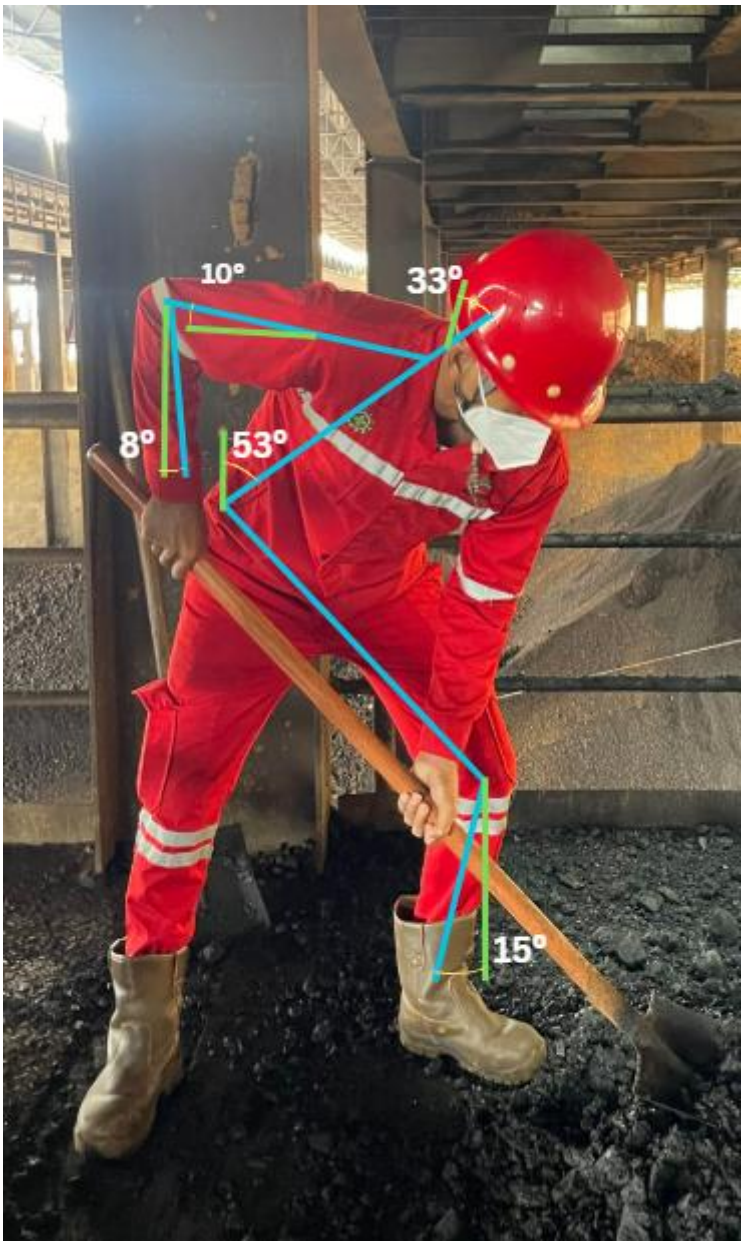
Setelah dilakukan pengambilan data berupa foto dan video pada saat pekerja melakukan kegiatan di dalam pengangkutan *ore* di area mesin feeder di area smelter 100, pengangkatan *ore* dalam keadaan membungkuk dan membentuk sudut yang sangat curam, begitu juga posisi tangan yang memegang sekop dengan berat beban yang di pikul tubuh terus-menerus, Sehingga apabila hal ini dilakukan secara terus-menerus dapat menyebabkan cedera yang diakibatkan oleh *manual material handling* yang apabila tidak segera ditangani dapat berakibat pada tubuh, Tujuan diaplikasikannya aspek ergonomi di tempat kerja yakni dapat mengurangi stres kerja pada fisik secara berlebihan, dapat meminimalisir kemungkinan terjadinya gangguan musculoskeletal dan gangguan kesehatan lainnya hingga tercipta kondisi tempat kerja yang aman dan nyaman demi kenaikan produktivitas di tempat kerja (Tarwaka, 2004). Jika kondisi tersebut dibiarkan tanpa penanganan, Perusahaan berpoternsi mengalami penurunan kinerja operasional. Cedera yang muncul akibat aktivitas *manual handling* dapat mempengaruhi kemampuan pekerja dalam menjalankan tugasnya secara optimal. Dampaknya dapat terlihat dari meningkatnya ketidakhadiran pekerja serta bertambahnya kasus cedera di lingkungan kerja. Peningkatan produktivitas akan tercapai jika semua komponen dalam sistem kerja dirancang secara ergonomis (Purnomo et al., 2007).

Berdasarkan pada pengerjaan pekerja di smelter 100 (Area Mesin *Feeder*), terdapat pengerjaan *Manual handling* yaitu berupa pengangkatan *ore* kembali yang meluap dari *Feeder,* Dalam penelitian ini penilaian REBA dilakukan terhadap satu postur kerja yang merepresentasikan ketiga operator karena aktivitas pembersihan *ore* bersifat repetitif dan dilakukan dengan pola gerakan yang seragam oleh seluruh operator di area tersebut. Posisi operator dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 3 Aktivitas pengangkatan Ore

Kemudian dilakukan perhitungan dengan perekaman psotur kerja tenaga kerja pembersihan *ore* dari mesin *feeder* menggunakan gambar aktivitas. Aktivitas tersebut kemudian diolah dengan menggunakan metode REBA dan di ukur dengan menggunakan *softaware Angle Meter 360*.



Gambar 4. 4 Pengukuran REBA terhadap aktivitas

Berdasarkan kegiatan yang dilakukan pekerja, Diketahui operator memiliki sikap kerja seperti gambar diatas. *Scoring* postur tubuh pembersihan *ore* dari mesin *feeder* sebagai berikut :

Tabel 4. 5 *Neck, Legs, Trunk Posture Score*

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

Tabel 4. 6 Total Skor A

Postur Tubuh	Skor	Keterangan	Skor Akhir
Leher (*Neck*)	2	33° ke depan	3
Batang Tubuh (*Trunk)*	4	53° ke depan	4
Kaki (*Legs*)	2	Kedua kaki menekuk sehingga membentuk sudut 30° sehingga +2	3

Pada operator yang melakukan pemberishan *ore* pada mesin *feeder* menunjukkan leher diberi skor 2 disebabkan aktivitas bergerak pada 33° ke depan, kemudian batang tubuh diberi skor sebesar 3°, karena tubuh operator menunjukkan 53° ke depan, Dan pada bagian kaki diberi skor 2 karena postur yang tidak seimbang, kemudian kaki menekuk sehingga diberi +2 sehingga skor akhir adalah 3. Skor yang didapat dari hasil pengamatan dari postur operator dari leher, batang tubuh, dan kaki berada di tabel A dan dari perhitungan tabel A didapat nilai 8, kemudian terdapat beban yang diangkut sebesar 5-7 kg dalam kegiatan dan dilakukan penambahan sebesar +1 dari nilai, Sehingga nilai akhir dari tabel A adalah sebesar 9.

Tabel 4. 7 *Lower Arm, Wrist, Upper Arm Score*

Table B		Lower Arm					
		1			2		
	Wrist	1	(2)	3	1	2	3
Upper Arm Score	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

Tabel 4. 8 Total Skor B

Postur Tubuh	Skor	Keterangan	Skor Akhir
Lengan Atas (*Upper Arm*)	2	20° ke depan	3
Lengan Bawah (*Lower Arm*)	1	10° ke depan	1
Pergelangan Tangan (*Wrist)*	1	8 ° ke depan	2

Pada perhitungan pada tabel B didapatkan dari operator pekerja pembersihan *ore* dari mesin *feeder* diketahui lengan atas didapatkan nilai sebesar 20° kedepan dan di karenakan lengan ada gerakan kenaikan ke atas dan bawah maka ditambahkan +1 pada skor akhir, dan lengan bawah diberi skor 1 karena 10° kedepan, dan pergelangan tangan membentuk 8° ke depan. Dengan skor yang didapat dari mengamati postur pekerja operator yaitu lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan saat bekerja skor tersebut kemudian dimasukkan ke dalam tabel B dan skor yang didapat adalah sebesar 4.

Kemudian pada perhitungan operator dari pembersihan *ore* dari mesin *feeder* dari mesin *feeder* kemudian dilakukan perhitungan pada tabel C di bawah ini

Tabel 4. 9 Total Skor REBA

Score A	Table C											
	Score B											
	1	2	3	(4)	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
(9)	9	9	9	(10)	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Setelah melakukan penginputan dan evaluasi data dari skor akhir pada tabel A dan B di tabel C kemudian di dapatkan skor REBA sebesar 10 yang berarti memiliki level risiko tinggi yang perlu segera ditindaklanjuti, Berdasarkan skor REBA pengkategorian dan Tindakan perbaikan dapat di lihat berikut ini :

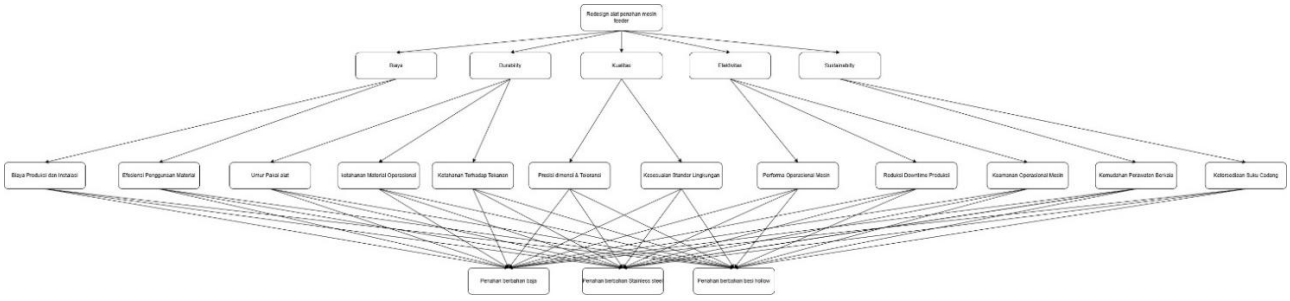
Tabel 4. 10 Penilaian REBA

Action Level	Skor REBA	Level Risiko	Tindakan Perbaikan
0	1	Bisa Diabaikan	Tidak Perlu
1	2-3	Rendah	Mungkin Perlu
2	4-7	Sedang	Perlu
3	8-10	Tinggi	Perlu Segera
4	11+	Sangat Tinggi	Perlu dilakukan segera

Dari pengelompokkan kategori yang dilakukan kegiatan pembersihan *ore* dari area mesin *feeder* adalah 10 yang berarti memiliki risiko tinggi yang perlu segera perbaikan, maka dari nilai postur tubuh operator pada kategori *Rapid Entire Body Assessment* dilakukan pencarian solusi terbaik untuk memberikan solusi dalam mengurangi risiko yang dapat terjadi pada kepada operator dengan mengeleminasi sumber masalah utama yaitu penahan mesin *feeder* yang perlu di lakukan redesain ulang agar menghilangkan kegiatan *manual handling* yang dilakukan terus menerus, Sehingga *Analytical Hierarchy Process* dilakukan untuk pengambilan keputusan solusi terbaik dengan mempertimbangkan dari kriteria, sub kriteria, dan alternatif yang telah didiskusikan dengan seorang ahli (*expert*) dalam menentukan yang akan diterapkan untuk solusi yang akan dilakukan.

4.3.1 Analytical Hierarchy Process (AHP)

4.3.1.1 Hirarki Permasalahan



Gambar 4. 5 Struktur Hirarki

Tabel 4. 11 Penjelasan Struktur AHP Kriteria dan Sub Kriteria

No	Kriteria	Sub Kriteria
1	Biaya	Biaya Produksi dan Instalasi
		Efisiensi Penggunaan Material
2	Durability	Umur Pakai Alat
		Ketahanan Material Operasional
		Ketahanan Terhadap Tekanan
3	Kualitas	Presisi dimensi dan Toleransi
		Kesesuaian Standar Lingkungan
4	Efektivitas	Performa Operasional Mesin
		Reduksi Downtime Produksi
		Keamanan Operasional Mesin
5	Keberlanjutan	Kemudahan Perawatan Berkala
		Ketersediaan Suku Cadang

Tabel 4. 12 Penjelasan Struktur AHP Alternatif

No	Alternatif
1	Penahan Mesin Berbahan Baja
2	Penahan Mesin Berbahan Stainles Steel
3	Penahan Mesin Berbahan Besi Hollow

Gambar 4.5 dan tabel di atas menunjukkan struktur hierarki pengambilan keputusan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam menentukan solusi terbaik untuk penentuan. Proses ini terdiri dari empat tingkatan utama, dimulai dari tujuan di tingkat paling atas, yaitu memilih solusi terbaik dalam mengurangi kegiatan *manual handling* pada sekitar mesin area *feeder*. Untuk mencapai tujuan tersebut, ditetapkan tiga kriteria utama yang menjadi dasar penilaian, yaitu biaya, *Durability*,kualitas,efektivitas dan *keberlanjutan*. Pada di bawah kriteria memiliki subkriteria yang lebih spesifik yaitu terdapat Biaya produksi dan instalasi, Umur pakai alat, dan Efisiensi dalam kinerja mesi Kemudian setiap alternatif dinilai berdasarkan seluruh subkriteria yang relevan, sehingga proses pengambilan keputusan menjadi sistematis dan terukur. Struktur hierarki ini memungkinkan pengambil keputusan untuk membandingkan alternatif secara menyeluruh berdasarkan aspek kuantitatif maupun kualitatif yang telah ditetapkan.

Setelah itu, dilakukan penghitungan nilai preferensi dengan mengalikan hasil normalisasi dengan bobot masing-masing kriteria yang telah ditentukan sebelumnya oleh ahli (*expert*). Pengisian kuesioner perbandingan berpasangan AHP dilakukan oleh seorang expert yang merupakan *Supervisor Health, Safety, and Environment* (HSE) di PT. Wanatiara Persada. Expert dipilih berdasarkan kompetensi dan pengalaman langsung di bidang keselamatan kerja dan ergonomi di lingkungan industri pertambangan. Expert tersebut telah bekerja selama 5+ tahun di PT. Wanatiara Persada,

sehingga memiliki pemahaman mendalam terhadap kondisi kerja, kecelakaan kerja, risiko operasional, dan kebutuhan perbaikan di area mesin *feeder*. Pengalaman tersebut menjadikan penilaian yang diberikan relevan dan dapat dipertanggungjawabkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam metode AHP Bobot ini mencerminkan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria dalam menentukan solusi terbaik. Tahapan ini kemudian diakhiri dengan menjumlahkan nilai preferensi dari setiap kriteria untuk memperoleh nilai akhir atau skor agregat masing-masing alternatif. Skor inilah yang menjadi dasar utama dalam menentukan alternatif solusi yang paling optimal dan sesuai dengan kebutuhan. Adapun alternatif solusi yang dianalisis dan dibandingkan dalam penelitian ini terdiri dari tiga opsi, yaitu Penahan mesin berbahan baja, penahan mesin dan *stainless steel* dan Penahan mesin dengan sistem rangka hollow dan peredam getaran.

4.3.1.2 Pengisian Kuesioner

Pada tahap ini ahli atau *expert* mengisi kuesioner perbandingan berpasangan, Berikut merupakan pembobotan hasil kuesioner yang telah dilakukan oleh expert dari masing masing kriteria:

Tabel 4. 13 Perbandingan Berpasangan antara kriteria

KUESIONER AHP																			
PEMBOBOTAN ANTAR KRITERIA																			
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Biaya	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	4	**5**	6	7	8	9	Durability
2	Biaya	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	3	**4**	5	6	7	8	9	Kualitas
3	Biaya	9	8	7	6	5	4	3	2	**1**	2	**3**	4	5	6	7	8	9	Efektivitas
4	Biaya	9	8	7	6	5	4	**3**	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Sustainability
5	Durability	9	8	7	6	5	4	**3**	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Kualitas
6	Durability	9	8	7	6	5	**4**	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Efektivitas
7	Durability	9	8	7	**6**	5	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Sustainability
8	Kualitas	9	8	7	6	5	4	3	**2**	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Efektivitas
9	Kualitas	9	8	7	6	**5**	4	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Sustainability
10	Efektivitas	9	8	7	6	5	**4**	3	2	**1**	2	3	4	5	6	7	8	9	Sustainability

Tabel 4. 14 Perbandingan Berpasangan sub kriteria

PEMBOBOTAN SUB-KRITERIA BIAYA — Biaya Produksi & Instalasi | Efisiensi Penggunaan Material																		
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Biaya Produksi & Instalasi	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efisiensi Penggunaan Material

PEMBOBOTAN SUB-KRITERIA DURABILITY — Umur Pakai Alat | Ketahanan Material Operasional | Ketahanan Terhadap Tekanan																		
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Umur Pakai Alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketahanan Material Operasional
2	Umur Pakai Alat	9	8	7	6	**5**	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketahanan Terhadap Tekanan
3	Ketahanan Material Operasional	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketahanan Terhadap Tekanan

PEMBOBOTAN SUB-KRITERIA KUALITAS — Presisi Dimensi & Toleransi | Kesesuaian Standar Lingkungan																		
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Presisi Dimensi & Toleransi	9	8	7	6	**5**	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kesesuaian Standar Lingkungan

PEMBOBOTAN SUB-KRITERIA EFEKTIVITAS — Performa Operasional Mesin | Reduksi Downtime Produksi | Keamanan Operasional Mesin																		
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Performa Operasional Mesin	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Reduksi Downtime Produksi
2	Performa Operasional Mesin	9	**8**	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keamanan Operasional Mesin
3	Reduksi Downtime Produksi	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keamanan Operasional Mesin

PEMBOBOTAN SUB-KRITERIA sustainability — Kemudahan Perawatan Berkala | Ketersediaan Suku Cadang																		
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Kemudahan Perawatan Berkala	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan Suku Cadang

Tabel 4. 15 Perbandingan berpasangan alterntatif dengan Sub Kriteria Biaya

ALT vs SUB-KRITERIA BIAYA — Biaya Produksi & Instalasi																		
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	**3**	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	**5**	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow

ALT vs SUB-KRITERIA BIAYA — Efisiensi Penggunaan Material																		
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow

ALT vs SUB-KRITERIA DURABILITY — Umur Pakai Alat																		
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	3	2	1	**2**	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	**6**	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow

Tabel 4. 16 Perbandingan berpasagan alternatif dengan Sub Kriteria Durability

ALT vs SUB-KRITERIA DURABILITY — Ketahanan Material Operasional

No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	**7**	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow
3	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow

ALT vs SUB-KRITERIA DURABILITY — Ketahanan Terhadap Tekanan

No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	**8**	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	6	**5**	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow

ALT vs SUB-KRITERIA KUALITAS — Presisi Dimensi & Toleransi

No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	3	2	1	**2**	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	**5**	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	**7**	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow

Tabel 4. 17 Perbandingan berpasangan alternatif dengan sub kriteria kualitas

ALT vs SUB-KRITERIA KUALITAS — Kesesuaian Standar Lingkungan

No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	**3**	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	**3**	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	**6**	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow

ALT vs SUB-KRITERIA EFEKTIVITAS — Performa Operasional Mesin

No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	**8**	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow

ALT vs SUB-KRITERIA EFEKTIVITAS — Reduksi Downtime Produksi

No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	8	**7**	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan Besi Hollow

Tabel 4. 18 Perbandingan berpasangan alternatif dengan sub kriteria efektivitas dan Keberlanjutan

ALT vs SUB-KRITERIA EFEKTIVITAS — Keamanan Operasional Mesin																			
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	**8**	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	**Penahan mesin berbahan Besi Hollow**
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	**Penahan mesin berbahan Besi Hollow**

ALT vs SUB-KRITERIA keberlanjutan — Kemudahan Perawatan Berkala																			
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	3	**2**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	**5**	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	**Penahan mesin berbahan Besi Hollow**
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	**Penahan mesin berbahan Besi Hollow**

ALT vs SUB-KRITERIA keberlanjutan — Ketersediaan Suku Cadang																			
No	Kriteria/Alternatif	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria/Alternatif
1	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	**4**	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Penahan mesin berbahan stainless steel
2	Penahan mesin berbahan baja	9	8	7	6	5	4	**3**	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	**Penahan mesin berbahan Besi Hollow**
3	Penahan mesin berbahan stainless steel	9	8	7	6	5	4	3	2	1	**2**	3	4	5	6	7	8	9	**Penahan mesin berbahan Besi Hollow**

Penentuan kriteria, subkriteria, dan alternatif pada penelitian ini dilakukan melalui observasi langsung pada proses pembersihan ore di area mesin *feeder* PT Wanatiara Persada untuk mengidentifikasi kondisi operasional, beban kerja yang diterima penahan mesin, serta permasalahan yang terjadi selama proses produksi kemudian dilakukan wawancara bersama *supervisor* sebagai *expert judgment* sehingga diperoleh lima kriteria utama, yaitu biaya, durability, kualitas, efektivitas, dan keberlanjutan. Kelima kriteria tersebut dipilih karena mampu merepresentasikan aspek ekonomi, teknis, operasional, keselamatan, dan keberlanjutan yang menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan material penahan mesin.

Subkriteria disusun sebagai penjabaran dari setiap kriteria utama agar proses penilaian terhadap alternatif dapat dilakukan secara lebih rinci dan objektif. Kriteria biaya terdiri atas biaya produksi dan instalasi serta efisiensi penggunaan material yang menggambarkan kebutuhan investasi awal dan penggunaan material yang optimal. Kriteria durability terdiri atas umur pakai alat, ketahanan material operasional, dan ketahanan terhadap tekanan yang digunakan untuk menilai kemampuan material dalam menerima beban, benturan, dan kondisi

kerja secara terus menerus. Kriteria kualitas terdiri atas presisi dimensi dan toleransi serta kesesuaian standar lingkungan yang digunakan untuk menilai ketepatan dimensi material dan kesesuaiannya dengan standar yang berlaku. Kriteria efektivitas terdiri atas performa operasional mesin, reduksi downtime produksi, dan keamanan operasional mesin yang digunakan untuk mengetahui pengaruh material terhadap kelancaran proses produksi. Kriteria keberlanjutan terdiri atas kemudahan perawatan berkala dan ketersediaan suku cadang yang digunakan untuk menilai kemudahan pemeliharaan dan keberlangsungan penggunaan material dalam jangka panjang. Alternatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah penahan mesin berbahan baja, penahan mesin berbahan stainless steel, dan penahan mesin berbahan besi hollow. Ketiga alternatif tersebut dipilih karena merupakan material yang umum digunakan dalam konstruksi dan fabrikasi mesin, memiliki karakteristik mekanik yang berbeda, serta layak dibandingkan untuk memperoleh material penahan mesin yang paling sesuai untuk di terapkan.

Pada tahap ini mencakup beberapa tahapan penting, dimulai dari penyusunan matriks perbandingan berpasangan untuk menilai tingkat kepentingan relatif antar elemen, kemudian dilanjutkan dengan proses normalisasi matriks agar setiap nilai berada dalam skala yang konsisten. Setelah itu, dilakukan perhitungan bobot prioritas dari setiap kriteria maupun subkriteria berdasarkan hasil perbandingan tersebut. Tahap akhir dari proses ini adalah menghitung nilai agregat preferensi dari masing-masing alternatif terhadap seluruh kriteria yang ada, sehingga dapat diketahui alternatif mana yang memiliki skor tertinggi dan dianggap paling optimal.

4.3.1.3 Pembobotan dan Uji Konsistensi

Tabel 4. 19 Kriteria Terhadap Kriteria

MATRIKS KRITERIA																		
	Biaya	Durability	Kualitas	Efektivitas	Sustainability	Biaya	Durability	Kualitas	Efektivitas	Sustainability	1	2	3	4=3/2	5=SumA/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
											Total Wt	Eigen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Biaya	1,0000	0,2000	0,2500	0,3333	3,0000	0,075000	0,102564	0,038760	0,054795	0,157895	0,429013	0,085803	0,437755	5,101890				
Durability	5,0000	1,0000	3,0000	4,0000	6,0000	0,375000	0,512821	0,465116	0,657534	0,315789	2,326261	0,465252	2,589863	5,566579				
Kualitas	4,0000	0,3333	1,0000	0,5000	5,0000	0,300000	0,170940	0,155039	0,082192	0,263158	0,971329	0,194266	1,031585	5,310174	5,348347	0,087087	1,12	0,077756
Efektivitas	3,0000	0,2500	2,0000	1,0000	4,0000	0,225000	0,128205	0,310078	0,164384	0,210526	1,038193	0,207639	1,158055	5,577265				
Sustainability	0,3333	0,1667	0,2000	0,2500	1,0000	0,025000	0,085470	0,031008	0,041096	0,052632	0,235205	0,047041	0,243947	5,185825				
Total	13,3333	1,9500	6,4500	6,0833	19,0000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	5,000000	1,000000						

Tabel 4. 20 Pembobotan Sub Kriteria Terhadap Sub Kriteria biaya, Durability, Kualitas

PEMBOBOTAN SUB-KRITERIA PER KRITERIA												
SUB-KRITERIA Biaya												
	Biaya Produksi & Instalasi	Efisiensi Penggunaan	Biaya Produksi & Instalasi	Efisiensi Penggunaan	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
					Total Wt	Eigen Vec	W x M	λi	λmaks	CI	IR	CR
Biaya Produksi & Instalasi	1,0000	2,0000	0,666667	0,666667	1,333333	0,666667	1,333333	2,000000				
Efisiensi Penggunaan Material	0,5000	1,0000	0,333333	0,333333	0,666667	0,333333	0,666667	2,000000	2,000000	0,000000	0,00	0,000000
Total	1,5000	3,0000	1,000000	1,000000	2,000000	1,000000						
SUB-KRITERIA Durability												
	Umur Pakai Alat	Ketahanan Material	Ketahanan Terhadap	Umur Pakai Alat	Ketahanan Material	Ketahanan Terhadap	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eigen Vec	W x M	λi	λmaks	CI	IR	CR
Umur Pakai Alat	1,0000	3,0000	0,5000	0,300000	0,428571	0,272727	1,001299	0,333766	1,020779	3,058366				
Ketahanan Material Operasional	0,3333	1,0000	0,3333	0,100000	0,142857	0,181818	0,424675	0,141558	0,427706	3,021407	3,053819	0,026909	0,58	0,046395
Ketahanan Terhadap Tekanan	2,0000	3,0000	1,0000	0,600000	0,428571	0,545455	1,574026	0,524675	1,616883	3,081683				
Total	3,3333	7,0000	1,8333	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						
SUB-KRITERIA Kualitas												
	Presisi Dimensi & Toleransi	Kesesuaian Standar	Presisi Dimensi & Toleransi	Kesesuaian Standar	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7		
					Total Wt	Eigen Vec	W x M	λi	λmaks	CI	IR	CR		
Presisi Dimensi & Toleransi	1,0000	5,0000	0,833333	0,833333	1,666667	0,833333	1,666667	2,000000						
Kesesuaian Standar Lingkungan	0,2000	1,0000	0,166667	0,166667	0,333333	0,166667	0,333333	2,000000	2,000000	0,000000	0,00	0,000000		
Total	1,2000	6,0000	1,000000	1,000000	2,000000	1,000000								

Tabel 4. 21 Pembobotan Sub Kriteria Terhadap Sub Kriteria efektivitas, Keberlanjutan

SUB-KRITERIA Efektivitas														
	Performa Operasional	Reduksi Downtime	Keamanan Operasional	Performa Operasional	Reduksi Downtime	Keamanan Operasional	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eigen Vec	W x M	λi	λmaks	CI	IR	CR
Performa Operasional Mesin	1,0000	4,0000	2,0000	0,571429	0,500000	0,600000	1,671429	0,557143	1,688095	3,029915				
Reduksi Downtime Produksi	0,2500	1,0000	0,3333	0,142857	0,125000	0,100000	0,367857	0,122619	0,368651	3,006472	3,018325	0,009162	0,58	0,015797
Keamanan Operasional Mesin	0,5000	3,0000	1,0000	0,285714	0,375000	0,300000	0,960714	0,320238	0,966667	3,018587				
Total	1,7500	8,0000	3,3333	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						
SUB-KRITERIA keberlanjutan														
	Kemudahan Perawatan	Ketersediaan Suku Cadang	Kemudahan Perawatan	Ketersediaan Suku	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7		
					Total Wt	Eigen Vec	W x M	λi	λmaks	CI	IR	CR		
Kemudahan Perawatan Berkala	1,0000	0,3333	0,250000	0,250000	0,500000	0,250000	0,500000	2,000000						
Ketersediaan Suku Cadang	3,0000	1,0000	0,750000	0,750000	1,500000	0,750000	1,500000	2,000000	2,000000	0,000000	0,00	0,000000		
Total	4,0000	1,3333	1,000000	1,000000	2,000000	1,000000								

Pada tahap ini dilakukan perbandingan berpasangan antar kriteria yang terdiri dari biaya, *durability*, kualitas, efektivitas, dan *keberlanjutan* untuk menentukan tingkat kepentingan masing-masing kriteria dalam pengambilan keputusan. Setelah matriks perbandingan berpasangan disusun, dilakukan proses normalisasi untuk memperoleh nilai bobot prioritas *(eigen vector*) dari setiap kriteria.

Pada pembobotan dan uji konsistensi pada kriteria memiliki bobot sebesar 0,0777 dengan di uji dengan nilai IR sebesar 1,12 karena memiliki nilai N :5 , maka dapat diketahui bahwa data yang diambil sudah valid dan dapat dilanjutkan ke langkah berikutnya. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh bahwa durability merupakan kriteria yang memiliki bobot terbesar dengan nilai 0,046395 menunjukkan nilai CR di bawah 0,1 sehingga data sudah valid . Hal ini menunjukkan bahwa durability menjadi faktor yang paling diprioritaskan dalam penelitian ini.

Selanjutnya, kriteria efektivitas memiliki bobot sebesar 0,015797, diikuti oleh biaya, kualitas dan keberlanjutan sebesar 0,0.

4.3.1.4 Konsistensi Alternatif

Pada tahap ini dari 12 data subkriteria dilakukan pengujian dalam melihat nilai dari setiap sub kriteria yang di uji kepada 3 Alternatif yang di uji dengan nilai IR sebesar 0,58 karena nilai 3 alternatif sebesar 0,58 sehingga dapat menunjukkan nilai CR dari setiap sub kriteria yang diuji pada alternatif, Berikut adalah data pada pengujian alternatif dengan setiap sub kriteria :

Tabel 4. 22 Konsistensi Alternatif terhadap sub kriteria biaya

Biaya — Biaya Produksi & Instalasi

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	3,0000	0,3333	0,230769	0,333333	0,217391	0,781494	0,260498	0,790082	3,032969				
Penahan mesin berbahan stainless steel	0,3333	1,0000	0,2000	0,076923	0,111111	0,130435	0,318469	0,106156	0,319658	3,011202	3,038715	0,019357	0,58	0,033375
Penahan mesin berbahan besi hollow	3,0000	5,0000	1,0000	0,692308	0,555556	0,652174	1,900037	0,633346	1,945621	3,071973				
Total	4,3333	9,0000	1,5333	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Biaya — Efisiensi Penggunaan Material

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	2,0000	4,0000	0,571429	0,600000	0,500000	1,671429	0,557143	1,688095	3,029915				
Penahan mesin berbahan stainless steel	0,5000	1,0000	3,0000	0,285714	0,300000	0,375000	0,960714	0,320238	0,966667	3,018587	3,018325	0,009162	0,58	0,015797
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,2500	0,3333	1,0000	0,142857	0,100000	0,125000	0,367857	0,122619	0,368651	3,006472				
Total	1,7500	3,3333	8,0000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Durability — Umur Pakai Alat

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	0,5000	4,0000	0,307692	0,300000	0,363636	0,971329	0,323776	0,974359	3,009359				
Penahan mesin berbahan stainless steel	2,0000	1,0000	6,0000	0,615385	0,600000	0,545455	1,760839	0,586946	1,770163	3,015886	3,009213	0,004606	0,58	0,007942
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,2500	0,1667	1,0000	0,076923	0,100000	0,090909	0,267832	0,089277	0,268046	3,002393				
Total	3,2500	1,6667	11,0000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Tabel 4. 23 Konsistensi Alternatif terhadap sub kriteria durability dan kualitas

Durability — Ketahanan Material Operasional

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	3,0000	7,0000	0,677419	0,705882	0,583333	1,966635	0,655545	2,007485	3,062314				
Penahan mesin berbahan stainless steel	0,3333	1,0000	4,0000	0,225806	0,235294	0,333333	0,794434	0,264811	0,801901	3,028198	3,032534	0,016267	0,58	0,028047
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,1429	0,2500	1,0000	0,096774	0,058824	0,083333	0,238931	0,079644	0,239496	3,007091				
Total	1,4762	4,2500	12,0000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Durability — Ketahanan Terhadap Tekanan

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	3,0000	8,0000	0,685714	0,714286	0,571429	1,971429	0,657143	2,026984	3,084541				
Penahan mesin berbahan stainless steel	0,3333	1,0000	5,0000	0,228571	0,238095	0,357143	0,823810	0,274603	0,834921	3,040462	3,044381	0,022191	0,58	0,038259
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,1250	0,2000	1,0000	0,085714	0,047619	0,071429	0,204762	0,068254	0,205317	3,008140				
Total	1,4583	4,2000	14,0000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Kualitas — Presisi Dimensi & Toleransi

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	0,5000	5,0000	0,312500	0,304348	0,384615	1,001463	0,333821	1,006480	3,015028				
Penahan mesin berbahan stainless steel	2,0000	1,0000	7,0000	0,625000	0,608696	0,538462	1,772157	0,590719	1,786580	3,024416	3,014177	0,007088	0,58	0,012222
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,2000	0,1429	1,0000	0,062500	0,086957	0,076923	0,226380	0,075460	0,226613	3,003087				
Total	3,2000	1,6429	13,0000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Tabel 4. 24 Konsistensi Alternatif terhadap sub kriteria efektivitas

Kualitas — Kesesuaian Standar Lingkungan

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	0,3333	4,0000	0,235294	0,222222	0,363636	0,821153	0,273718	0,834621	3,049204	3,054035	0,027017	0,58	0,046582
Penahan mesin berbahan stainless steel	3,0000	1,0000	6,0000	0,705882	0,666667	0,545455	1,918004	0,639335	1,982175	3,100372				
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,2500	0,1667	1,0000	0,058824	0,111111	0,090909	0,260844	0,086948	0,261933	3,012528				
Total	4,2500	1,5000	11,0000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Efektivitas — Performa Operasional Mesin

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	3,0000	8,0000	0,685714	0,705882	0,615385	2,006981	0,668994	2,031114	3,036073	3,018353	0,009177	0,58	0,015822
Penahan mesin berbahan stainless steel	0,3333	1,0000	4,0000	0,228571	0,235294	0,307692	0,771558	0,257186	0,775465	3,015192				
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,1250	0,2500	1,0000	0,085714	0,058824	0,076923	0,221461	0,073820	0,221741	3,003795				
Total	1,4583	4,2500	13,0000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Efektivitas — Reduksi Downtime Produksi

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan stainless	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	2,0000	7,0000	0,608696	0,615385	0,583333	1,807414	0,602471	1,809550	3,003547	3,001982	0,000991	0,58	0,001709
Penahan mesin berbahan stainless steel	0,5000	1,0000	4,0000	0,304348	0,307692	0,333333	0,945373	0,315124	0,945977	3,001916				
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,1429	0,2500	1,0000	0,086957	0,076923	0,083333	0,247213	0,082404	0,247253	3,000483				
Total	1,6429	3,2500	12,0000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Tabel 4. 25 Konsitensi Alternatif terhadap sub kriteria keberlanjutan

Efektivitas — Keamanan Operasional Mesin

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	3,0000	8,0000	0,685714	0,705882	0,615385	2,006981	0,668994	2,031114	3,036073	3,018353	0,009177	0,58	0,015822
Penahan mesin berbahan stainless steel	0,3333	1,0000	4,0000	0,228571	0,235294	0,307692	0,771558	0,257186	0,775465	3,015192				
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,1250	0,2500	1,0000	0,085714	0,058824	0,076923	0,221461	0,073820	0,221741	3,003795				
Total	1,4583	4,2500	13,0000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Keberlanjutan — Kemudahan Perawatan Berkala

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	2,0000	5,0000	0,588235	0,600000	0,555556	1,743791	0,581264	1,747495	3,006372	3,003696	0,001848	0,58	0,003186
Penahan mesin berbahan stainless steel	0,5000	1,0000	3,0000	0,294118	0,300000	0,333333	0,927451	0,309150	0,928540	3,003524				
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,2000	0,3333	1,0000	0,117647	0,100000	0,111111	0,328758	0,109586	0,328889	3,001193				
Total	1,7000	3,3333	9,0000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Keberlanjutan — Ketersediaan Suku Cadang

	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan	Penahan mesin	Penahan mesin berbahan baja	Penahan mesin berbahan	Penahan mesin	1	2	3	4=3/2	5=Sum4/1	6=(5-n)/(n-1)	7	8=6/7
							Total Wt	Eugen Vec	W x M	Xi	λmaks	CI	IR	CR
Penahan mesin berbahan baja	1,0000	4,0000	3,0000	0,631579	0,571429	0,666667	1,869674	0,623225	1,890838	3,033959	3,018337	0,009169	0,58	0,015808
Penahan mesin berbahan stainless steel	0,2500	1,0000	0,5000	0,157895	0,142857	0,111111	0,411863	0,137288	0,412838	3,007099				
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,3333	2,0000	1,0000	0,210526	0,285714	0,222222	0,718463	0,239488	0,721805	3,013953				
Total	1,5833	7,0000	4,5000	1,000000	1,000000	1,000000	3,000000	1,000000						

Dari setiap pengujian dari alternatif yaitu penahan mesin berbahan baja, penahan mesin berbahan stainless steel, dan penahan mesin berbahan besi hollow terhadap 12 sub kriteria, tidak terdapat nilai CR yang berada di atas 0,1 sehingga data pada konsistensi alternatif valid dan menujukkan nilai yang di isi oleh *expert* konsisten dalam pengambilan data, sehingga dari data yang sudah di uji kemudian dilanjutkan dengan pengambilan keputusan untuk menentukan alternatif yang terpilih berdasarkan nilai kriteria dan sub kriteria yang sudah di uji sebelumya.

4.3.1.5 Pengambilan Keputusan

Tabel 4. 26 Pengambilan Keputusan

PENGAMBILAN KEPUTUSAN — DATA BARU TOTAL (Inkonsistensi Natural)						
Catatan menarik: Stainless unggul pada Ketahanan Korosi; Hollow unggul pada Standar Lingkungan. Baja tetap #1 secara keseluruhan karena bobot Efektivitas (0.535) dominan.						
	Biaya	Durability	Kualitas	Efektivitas	keberlanjutan	
Bobot Kriteria	**0,085803**	**0,465252**	**0,194266**	**0,207639**	**0,047041**	
Sub S1	Biaya Produksi & Instalasi	Umur Pakai Alat	Presisi Dimensi & Toleransi	Efisiensi dalam Kinerja Mesin	Kemudahan Perawatan Berkala	
Sub S2	Efisiensi Penggunaan Material	Ketahanan terhadap Korosi	Kesesuaian Standar Lingkungan	Reduksi Downtime Produksi	Ketersediaan Suku Cadang	
Sub S3	–	Ketahanan Terhadap Tekanan	–	Keamanan Operasional Mesin	–	
Bobot S1	0,6667	0,3338	0,8333	0,5571	0,2500	
Bobot S2	0,3333	0,1416	0,1667	0,1226	0,7500	
Bobot S3	—	0,5247	—	0,3202	—	
Alternatif	Biaya	Durability	Kualitas	Efektivitas	Sustainbility	Skor Akhir
Penahan mesin berbahan baja	0,359380	0,545650	0,323804	0,660837	0,612734	**0,513643**
Penahan mesin berbahan stainless steel	0,177517	0,377467	0,598822	0,264290	0,180253	**0,370535**
Penahan mesin berbahan besi hollow	0,463103	0,076883	0,077375	0,074873	0,207012	**0,115821**
					Total:	**1,000000**

Tabel 4. 27 Peringkat Alternatif

PERINGKAT AKHIR		
#1	Penahan mesin berbahan baja	0,513643
#2	Penahan mesin berbahan stainless steel	0,370535
#3	Penahan mesin dengan sistem rangka hollow dan peredam getaran	0,115821

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode AHP yang ditampilkan pada tabel di atas, Alternatif penahan baja memiliki nilai sebesar 0,513 kemudian dilanjutkan dengan penahan baja *stainless steel* memiliki nilai sebesar 0,370 dan pada penahan mesin berbahan besi hollow mempunyai nilai sebesar 0,11. Nilai evaluasi ini mencerminkan total agregasi dari seluruh kriteria dan subkriteria yang telah dihitung berdasarkan bobot kepentingan masing-masing. Hasil ini menunjukkan bahwa alternatif pertama, yaitu penahan mesin berbahan baja merupakan solusi yang paling unggul secara komprehensif berdasarkan penilaian AHP, karena memiliki skor tertinggi dibandingkan alternatif lainnya. Dengan demikian, alternatif tersebut dianggap paling sesuai untuk diimplementasikan dalam mengurangi kegiatan *manual handling* pada sekitar mesin *feeder* berdasarkan kriteria biaya, *durability*,kualitas efektivitas dan keberlanjutan.

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 Analisa Nordic Body Map (NBM)

Dalam kegiatan pekerjaan yang dilakukan terdapat *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) yang dirasakan pekerja pada aktivitas pembersihan ore di area mesin feeder PT. Wanatiara Persada. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan kuesioner Nordic Body Map yang terdiri dari 28 bagian tubuh dengan kategori tingkat keluhan yaitu tidak sakit, cukup sakit, sakit, dan sangat sakit. Kuesioner diberikan kepada 3 operator yang secara langsung melakukan aktivitas pembersihan *ore* secara manual menggunakan sekop. Pada hasil pengolahan data kuesioner NBM diperoleh total skor sebesar 73. Nilai tersebut termasuk dalam kategori risiko tinggi dengan rentang skor 71 sampai 91. Pada kategori ini dibutuhkan tindakan perbaikan segera karena aktivitas kerja yang dilakukan berpotensi menyebabkan gangguan musculoskeletal disorders pada pekerja apabila dilakukan secara terus-menerus dalam jangka panjang dan pengisian kuesioner menunjukkan bahwa keluhan paling dominan dirasakan pada bagian bahu kanan, punggung, siku kanan, pinggang, lengan atas kiri, lengan bawah kanan, pergelangan tangan kanan, dan kaki kanan. Pada bagian bahu kanan, punggung, dan siku kanan pekerja memberikan tingkat keluhan sangat sakit dengan skor rata rata tertinggi yaitu 4. Kondisi ini menunjukkan bahwa bagian tubuh tersebut menerima beban kerja paling besar selama aktivitas pembersihan ore berlangsung.

Keluhan pada bagian punggung dan pinggang terjadi karena pekerja melakukan aktivitas dalam posisi membungkuk secara terus-menerus ketika mengangkat ore menggunakan sekop. Aktivitas tersebut menyebabkan otot punggung dan pinggang menerima tekanan statis dalam waktu lama. Selain itu gerakan mengangkat dan memindahkan material secara berulang juga meningkatkan tekanan pada tulang belakang sehingga memicu rasa nyeri.

Keluhan pada bagian bahu, lengan, siku, dan pergelangan tangan disebabkan oleh aktivitas pengangkatan ore menggunakan sekop dengan beban yang cukup berat dan dilakukan secara berulang selama kurang lebih 4 sampai 5 jam setiap shift kerja.

Gerakan mendorong, mengangkat, dan melempar material menyebabkan otot lengan bekerja secara terus-menerus sehingga menimbulkan kelelahan otot dan rasa sakit.

Pada bagian kaki dan lutut juga ditemukan adanya keluhan dengan kategori cukup sakit hingga sakit. Hal ini dipengaruhi oleh posisi kerja operator yang sering menekuk kaki dan bertumpu pada satu sisi tubuh ketika melakukan pengambilan ore dari bawah mesin feeder. Posisi tersebut menyebabkan distribusi beban tubuh menjadi tidak seimbang sehingga memberikan tekanan pada bagian kaki dan lutut.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aktivitas *manual handling* pada proses pembersihan *ore* memiliki hubungan langsung terhadap munculnya keluhan musculoskeletal disorders pada pekerja. Semakin lama aktivitas dilakukan dengan postur kerja yang tidak ergonomis maka tingkat keluhan yang dirasakan pekerja juga akan semakin meningkat.Berdasarkan hasil analisis Nordic Body Map dapat diketahui bahwa aktivitas pembersihan ore pada mesin feeder memerlukan tindakan perbaikan kerja dan perancangan alat bantu untuk mengurangi beban fisik pekerja. Perbaikan diperlukan agar risiko cedera kerja dan gangguan *musculoskeletal disorders* dapat diminimalkan sehingga produktivitas pekerja tetap terjaga.

5.2 Analisa *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

Pada kegiatan pekerjaan pengamatan langsung terhadap postur kerja pekerja menggunakan dokumentasi foto ketika pekerja melakukan aktivitas pengangkatan ore secara manual menggunakan sekop. Selanjutnya dilakukan pengukuran sudut tubuh menggunakan *software Angle Meter* 360 untuk memperoleh nilai sudut pada bagian tubuh operator.

Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa operator bekerja dengan posisi tubuh membungkuk ke depan, leher menunduk, kaki menekuk, serta lengan bergerak secara berulang ketika mengangkat ore. Postur tersebut termasuk postur kerja yang tidak ergonomis karena menyebabkan tekanan berlebih pada otot dan rangka tubuh. Pada bagian leher diperoleh sudut sebesar 33° ke depan dengan skor akhir sebesar 3. Nilai tersebut menunjukkan bahwa posisi leher berada pada kondisi fleksi yang cukup tinggi sehingga memberikan tekanan pada otot leher selama aktivitas kerja berlangsung. Posisi

leher yang terus menunduk dapat menyebabkan ketegangan otot dan rasa sakit pada bagian leher atas maupun leher bawah. Pada bagian batang tubuh diperoleh sudut sebesar 53° ke depan dengan skor akhir sebesar 4. Nilai ini menunjukkan bahwa operator bekerja dalam posisi membungkuk dengan sudut yang cukup besar. Posisi membungkuk secara terus-menerus dapat meningkatkan tekanan pada tulang belakang dan otot punggung sehingga berisiko menyebabkan gangguan musculoskeletal disorders terutama pada bagian pinggang dan punggung bawah. Pada bagian kaki diperoleh skor akhir sebesar 3 karena operator bekerja dalam kondisi kaki menekuk dan posisi tubuh tidak stabil. Aktivitas pengangkatan ore menyebabkan pekerja sering bertumpu pada satu sisi kaki sehingga meningkatkan tekanan pada lutut dan kaki bagian bawah.

Hasil pengolahan pada tabel A menghasilkan skor sebesar 8. Kemudian dilakukan penambahan skor beban sebesar 1 karena pekerja mengangkat beban sekitar 5 sampai 7 kilogram secara berulang. Dengan demikian skor akhir pada tabel A menjadi 9. Pada bagian lengan atas diperoleh sudut sebesar 20° ke depan dengan skor akhir sebesar 3 karena terdapat gerakan naik turun lengan saat mengangkat ore menggunakan sekop. Gerakan repetitif tersebut menyebabkan otot bahu dan lengan bekerja secara terus-menerus. Pada bagian lengan bawah diperoleh skor sebesar 1 karena sudut yang terbentuk masih berada dalam kategori relatif netral. Sedangkan pada bagian pergelangan tangan diperoleh skor akhir sebesar 2 akibat adanya gerakan pergelangan tangan saat menggenggam dan mengangkat sekop.

Hasil pengolahan tabel B menghasilkan skor sebesar 4. Selanjutnya skor tabel A dan tabel B dimasukkan ke dalam tabel C untuk memperoleh skor akhir REBA. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh skor REBA sebesar 10.

Skor REBA sebesar 10 termasuk dalam kategori risiko tinggi dengan action level 3. Pada kategori ini diperlukan tindakan perbaikan segera karena aktivitas kerja memiliki potensi tinggi menyebabkan cedera dan gangguan musculoskeletal disorders apabila dilakukan terus-menerus. Nilai REBA yang tinggi menunjukkan bahwa postur kerja operator pada aktivitas pembersihan ore tidak ergonomis. Faktor utama penyebab tingginya skor REBA adalah posisi membungkuk, aktivitas pengangkatan material

secara berulang, durasi kerja yang lama. Aktivitas *manual handling* yang dilakukan pekerja selama 4 sampai 5 jam setiap shift menyebabkan tubuh menerima beban fisik berlebih. Apabila kondisi ini terus berlangsung maka dapat menyebabkan penurunan produktivitas kerja, kelelahan otot, cedera tulang belakang, serta meningkatnya risiko absensi pekerja akibat gangguan kesehatan kerja.

Hasil analisis REBA juga mendukung hasil analisis *Nordic Body Map* yang menunjukkan adanya keluhan dominan pada bagian punggung, pinggang, bahu, lengan, dan kaki. Kedua metode menunjukkan bahwa aktivitas pembersihan ore memiliki tingkat risiko ergonomi tinggi sehingga perusahaan perlu melakukan tindakan pengendalian dan perbaikan kerja.

5.3 Analisa *Analytical Hierarchy Process*

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), diperoleh pembobotan kriteria yang digunakan dalam menentukan alternatif terbaik desain penahan mesin pada feeder. Kriteria yang digunakan terdiri dari biaya, durability, kualitas, efektivitas, dan keberlanjutan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa durability memiliki bobot prioritas tertinggi sebesar 0,465, diikuti oleh efektivitas sebesar 0,207, kualitas sebesar 0,1942, biaya sebesar 0,0858, dan keberlanjutan sebesar 0,0470. Nilai tersebut menunjukkan bahwa durability menjadi faktor yang paling diprioritaskan dalam pengambilan keputusan karena tujuan utama penelitian adalah menghasilkan desain penahan mesin yang mampu meningkatkan kinerja mesin feeder serta mengurangi potensi gangguan selama proses operasional.

Kriteria efektivitas dan kualitas juga memiliki pengaruh yang cukup besar dalam proses pengambilan keputusan. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan material dan keberlanjutan penggunaan alat menjadi aspek penting agar penahan mesin dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama, tahan terhadap kondisi kerja di lapangan, serta meminimalkan kebutuhan perbaikan maupun penggantian komponen. Sementara itu, kriteria biaya memiliki bobot yang lebih rendah dibandingkan durability, efektivitas, dan kualitas, yang menunjukkan bahwa aspek ekonomi tetap dipertimbangkan namun bukan menjadi faktor utama dalam pemilihan alternatif. Adapun kriteria keberlanjutan

memperoleh bobot paling rendah, sehingga pengaruhnya terhadap keputusan akhir relatif lebih kecil dibandingkan kriteria lainnya.

Berdasarkan hasil uji konsistensi pada matriks kriteria diperoleh nilai λ maks sebesar 5,3483*, Consistency Index* (CI) sebesar 0,0870, dan *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,0777. Nilai CR tersebut berada di bawah 0,1 sehingga nilai CR Valid dalam pengujian.

Pada pembobotan sub kriteria efektivitas, digunakan 12 sub kriteria yaitu biaya produksi dan instalasi, Efisiensi Penggunaan Material, Umur Pakai Alat, Ketahanan Material Operasional, Ketahanan Terhadap Tekanan, Presisi dan Toleransi, Kesesuaian Standar Lingkungan, Performa Operasional Mesin, Reduksi Downtime Produksi, Keamanan Operasional Mesin, Kemudahan Perawatan Berkala, Ketersediaan Suku Cadang. Dari 12 Subkriteria yang diuji tidak terdapat nilai CR yang melebihi dari 0,1 sehingga data sudah valid dan konsisten. Secara keseluruhan, hasil pembobotan menunjukkan bahwa efektivitas merupakan kriteria yang paling berpengaruh dalam proses pengambilan keputusan, dengan fokus utama pada umur pakai alat sebagai sub kriteria yang memiliki prioritas tertinggi. Oleh karena itu, alternatif yang dipilih nantinya diharapkan mampu memberikan umur pakai yang panjang, meningkatkan kinerja mesin, serta tetap memperhatikan aspek ketahanan dan keberlanjutan penggunaan alat dalam jangka panjang. Dari *Analytical Hierarchy Process* yang dilakukan adalah memilih material yang akan di gunakan sehingga berdasarkan dari latar belakang *expert* yang Penilaian dilakukan berdasarkan persepsi dan pengalaman *expert* yang memahami karakteristik masing masing material, sehingga pembobotan mencerminkan tingkat efisiensi biaya secara relatif antar alternatif. Dengan demikian, penelitian ini tidak bertujuan menghitung besarnya biaya yang harus dikeluarkan perusahaan, tetapi menentukan material yang paling sesuai berdasarkan pertimbangan biaya bersama dengan kriteria lainnya.

5.4 Analisa Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM) dan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), diketahui bahwa aktivitas pembersihan *ore*

pada area mesin feeder memiliki tingkat risiko ergonomi yang tinggi terhadap pekerja. Aktivitas pembersihan dilakukan secara manual menggunakan sekop dalam posisi tubuh membungkuk dan dilakukan secara berulang selama beberapa jam pada setiap shift kerja. Kondisi tersebut menyebabkan pekerja mengalami keluhan pada beberapa bagian tubuh seperti leher, bahu, punggung, pinggang, lengan, serta kaki. Hasil pengisian kuesioner NBM menunjukkan total skor sebesar 73 yang termasuk dalam kategori risiko tinggi sehingga diperlukan tindakan perbaikan segera untuk mengurangi potensi *Musculoskeletal Disorders* (MSDs).

Selain itu, hasil analisis postur kerja menggunakan metode REBA menunjukkan skor sebesar 10 yang termasuk dalam kategori risiko tinggi. Skor tersebut diperoleh karena pekerja melakukan aktivitas dengan posisi leher menunduk, punggung membungkuk, kaki menekuk, serta tangan menopang beban saat melakukan pengangkatan ore. Postur kerja tersebut dilakukan secara terus-menerus sehingga meningkatkan risiko cedera pada sistem otot dan rangka pekerja. Apabila kondisi tersebut tidak segera dilakukan perbaikan, maka dapat berdampak pada meningkatnya kelelahan kerja, menurunnya produktivitas, serta meningkatnya risiko cedera jangka panjang pada pekerja.

Permasalahan utama yang ditemukan pada area mesin feeder adalah sering terjadinya *spill ore* akibat penahan mesin yang tidak mampu menahan material secara optimal. Akibatnya, material *ore* jatuh ke area bawah mesin dan harus dibersihkan secara manual oleh pekerja menggunakan sekop. Aktivitas ini berlangsung berulang selama proses operasional berlangsung dan menjadi penyebab utama tingginya aktivitas *manual handling* pada pekerja. Oleh karena itu, diperlukan usulan perbaikan yang mampu mengurangi spill ore sehingga pekerjaan *manual handling* dapat diminimalkan.

Usulan perbaikan yang diberikan dalam penelitian ini adalah melakukan perancangan ulang pada bagian penahan mesin feeder agar lebih kuat dan mampu menahan luapan material *ore* dengan lebih baik. Perbaikan dilakukan dengan mempertimbangkan aspek ergonomi dan kebutuhan operasional di lapangan. Penahan mesin yang dirancang diharapkan mampu mengurangi jumlah material yang jatuh ke area bawah mesin sehingga intensitas pekerjaan pembersihan manual dapat berkurang.

Dengan berkurangnya aktivitas *manual handling*, maka risiko postur kerja tidak ergonomis pada pekerja juga dapat diminimalkan.

Dalam menentukan alternatif usulan terbaik digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk membantu proses pengambilan keputusan secara sistematis. Metode AHP digunakan dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yaitu biaya, durability, kualitas, efektivitas, dan keberlanjutan. Berdasarkan hasil pembobotan yang dilakukan, diketahui bahwa kriteria efektivitas memiliki bobot prioritas tertinggi dibandingkan kriteria lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan alat dalam mengurangi spill ore dan meningkatkan efisiensi kerja menjadi faktor utama dalam pemilihan alternatif usulan perbaikan.

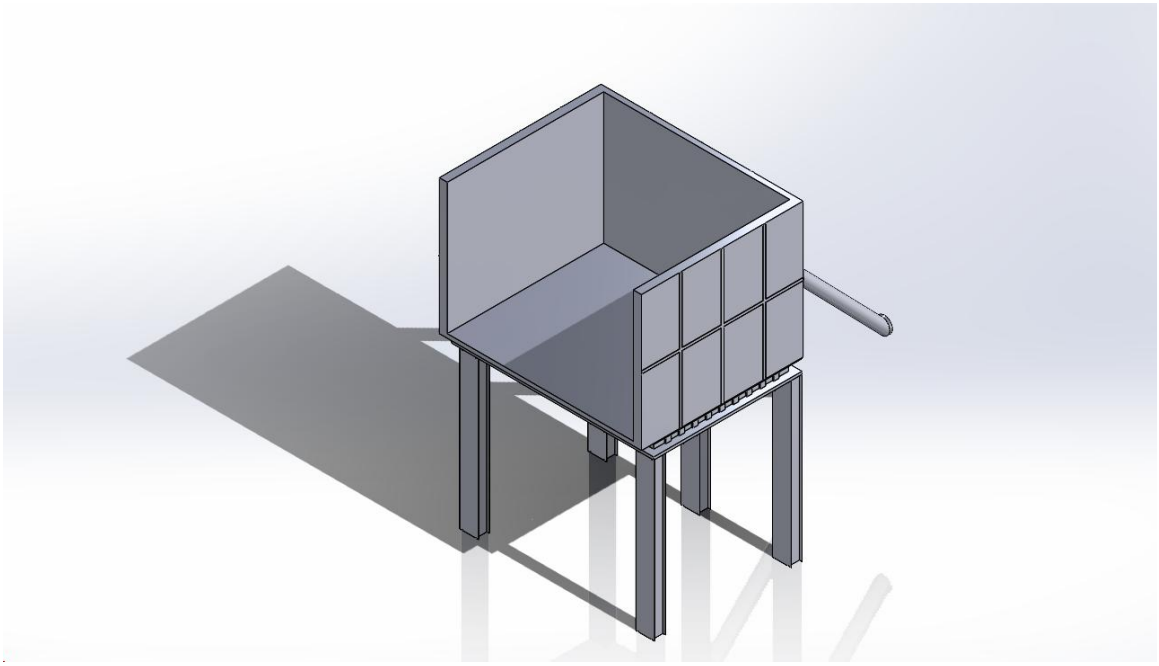
Dengan adanya perancangan ulang penahan mesin feeder, aktivitas *manual handling* dalam proses pembersihan ore diperkirakan dapat berkurang sekitar 80 sampai 90% karena tumpahan ore dapat diminimalkan sejak awal. Kondisi ini akan meningkatkan efisiensi kerja operator karena frekuensi pembersihan secara manual menjadi lebih sedikit, sehingga waktu kerja dapat dimanfaatkan untuk aktivitas yang lebih produktif. Selain itu, berkurangnya aktivitas manual handling juga berkontribusi terhadap pengurangan paparan risiko ergonomi, seperti postur kerja membungkuk, gerakan berulang, serta pengangkatan material secara manual yang berpotensi menyebabkan gangguan muskuloskeletal. Perancangan ulang ini juga diharapkan mampu menciptakan proses kerja yang lebih aman, efektif, dan berkelanjutan serta mendukung peningkatan produktivitas operasional di PT Wanatiara Persada.

Perancangan ulang penahan mesin feeder tidak bertujuan menghilangkan pekerjaan operator, melainkan mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, yaitu pembersihan ore secara manual akibat tumpahan material. Dengan berkurangnya aktivitas tersebut, operator dapat lebih fokus pada tugas utama, yaitu melakukan pemantauan proses *feeding*, inspeksi kondisi mesin, pembersihan preventif, serta melaporkan apabila terdapat indikasi kerusakan atau gangguan pada mesin. Dengan demikian, waktu kerja menjadi lebih produktif, efisiensi operasional meningkat, dan risiko cedera akibat aktivitas manual handling dapat diminimalkan

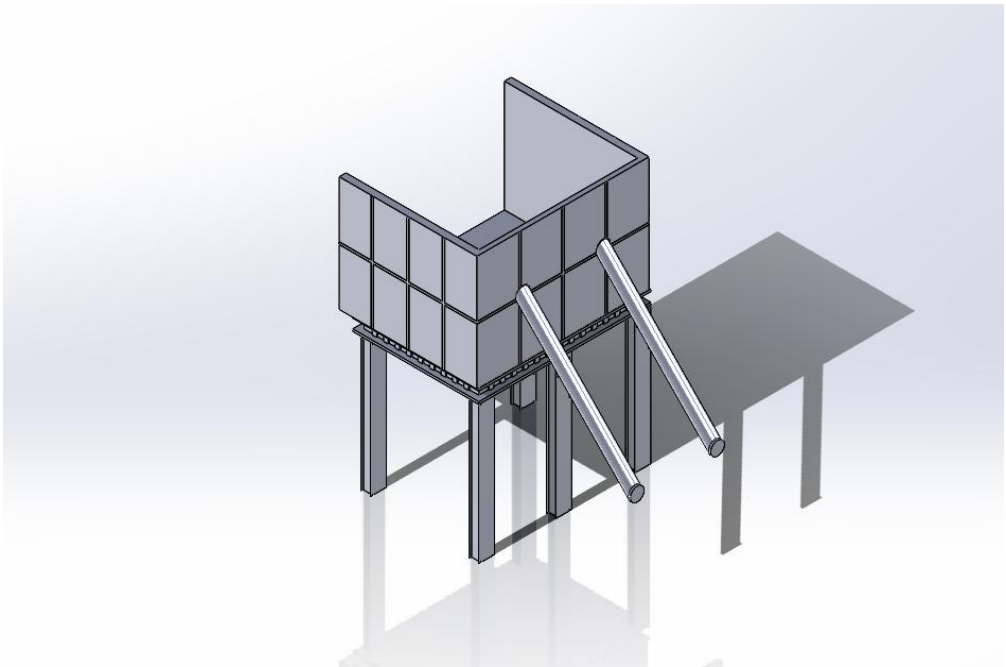
Pada pembobotan sub kriteria, efisiensi dalam kinerja mesin menjadi sub-kriteria dengan nilai prioritas tertinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa perusahaan lebih memprioritaskan desain yang mampu mendukung kelancarann proses kerja mesin feeder dan mengurangi hambatan operasional akibat spill ore. Selain itu, umur pakai alat juga menjadi pertimbangan penting agar alat dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama tanpa mengalami kerusakan yang cepat. Sementara itu, biaya produksi dan instalasi menjadi faktor dengan prioritas paling rendah karena perusahaan lebih mengutamakan efektivitas dan kualitas dari rancangan yang diusulkan.

Berdasarkan hasil analisis AHP, alternatif penahan mesin berbahan baja menjadi alternatif terbaik dibandingkan alternatif lainnya. Material baja dipilih karena memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik dalam menopang beban material ore pada area mesin feeder. Selain itu, penggunaan baja dinilai lebih stabil dan mampu mengurangi risiko kerusakan pada penahan mesin yang sebelumnya sering mengalami kejebolan akibat tekanan material. Dengan adanya penahan mesin yang lebih kuat, spill ore dapat dikurangi sehingga pekerjaan pembersihan manual oleh pekerja dapat diminimalkan.

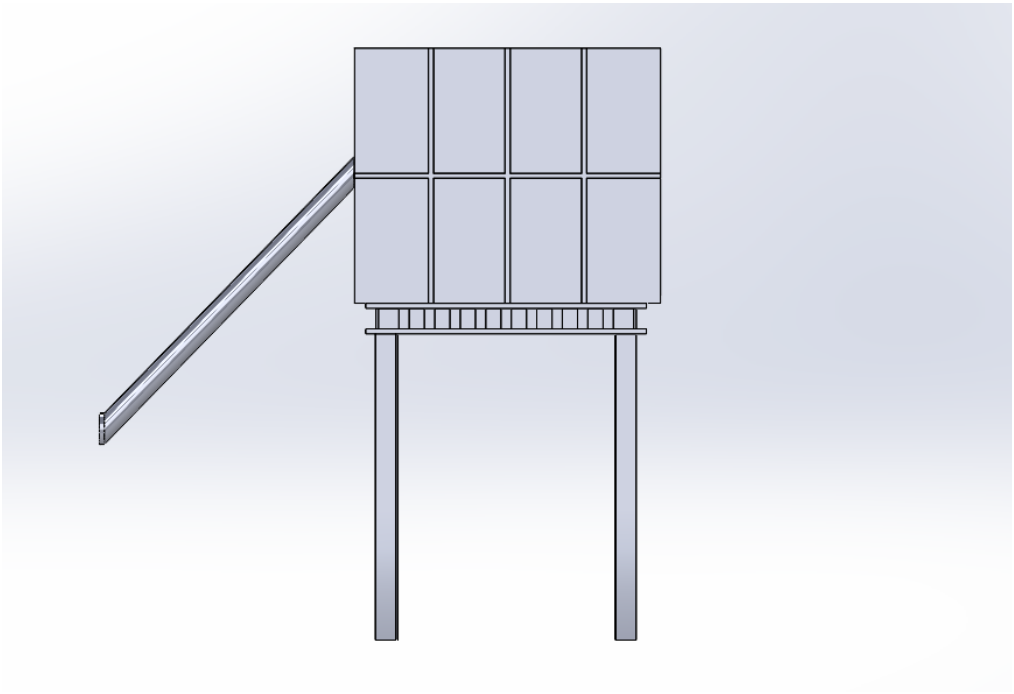
Usulan perbaikan yang diberikan diharapkan mampu memberikan manfaat bagi pekerja maupun perusahaan. Dari sisi pekerja, perbaikan ini dapat mengurangi risiko cedera muskuloskeletal, mengurangi kelelahan kerja, serta meningkatkan kenyamanan saat bekerja. Dari sisi perusahaan, perbaikan ini dapat meningkatkan efektivitas proses operasional, mengurangi waktu pembersihan area feeder, dan meningkatkan produktivitas kerja. Dengan demikian, penerapan penahan mesin berbahan baja diharapkan mampu menciptakan sistem kerja yang lebih ergonomis, aman, dan efisien pada area mesin feeder PT. Wanatiara Persada, berikut adalah rancangan desain penahan mesin *feeder* yang didesain menggunakan *software solidworks*:



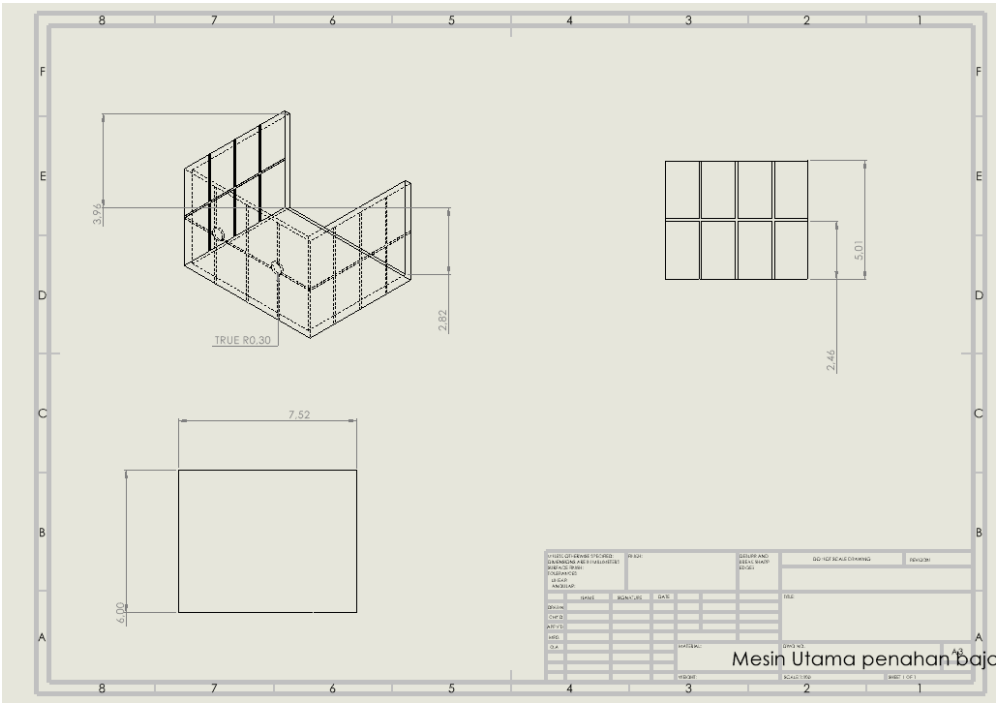
Gambar 5. 1 Tampak Depan Redesain Penahan Mesin Feeder



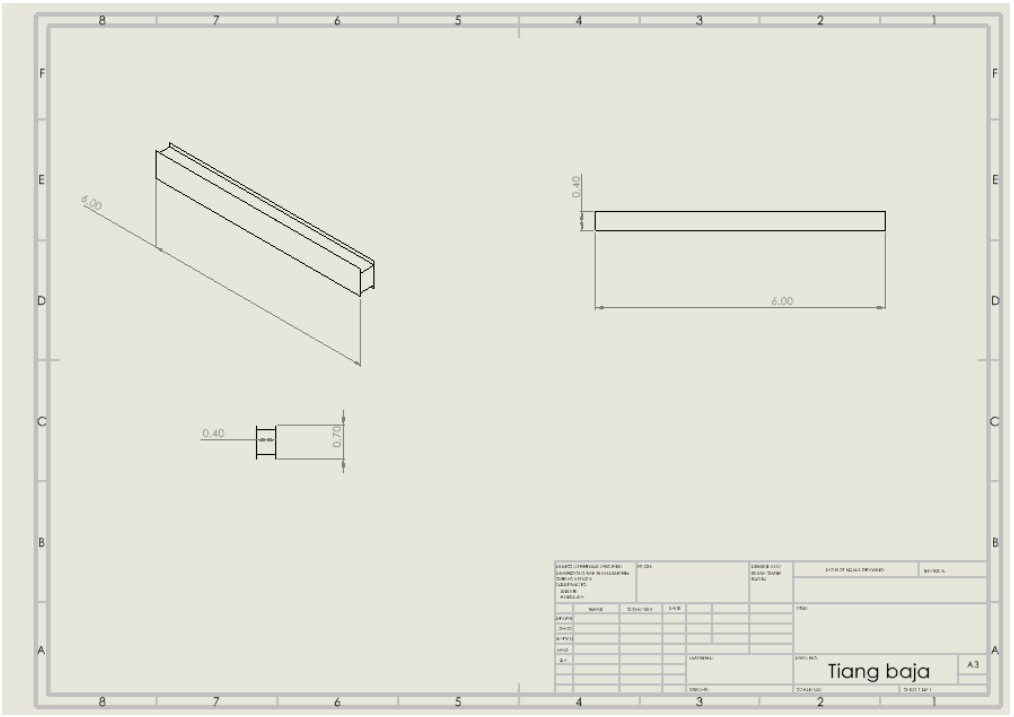
Gambar 5. 2 Tampak Belakang *Redesign* Penahan Mesin *Feeder*



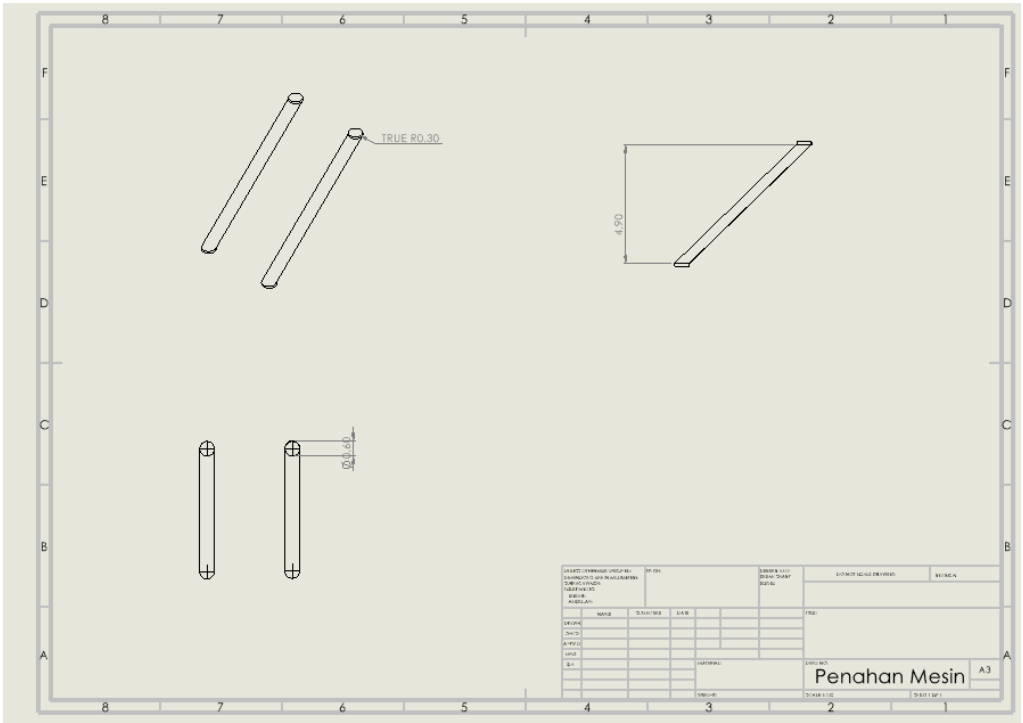
Gambar 5. 3 Tampak Samping Redesain Penahan Mesin *Feeder*



Gambar 5. 4 Gambar Teknik Penahan Mesin *Feeder*



Gambar 5. 5 Gambar Teknik Tiang Baja



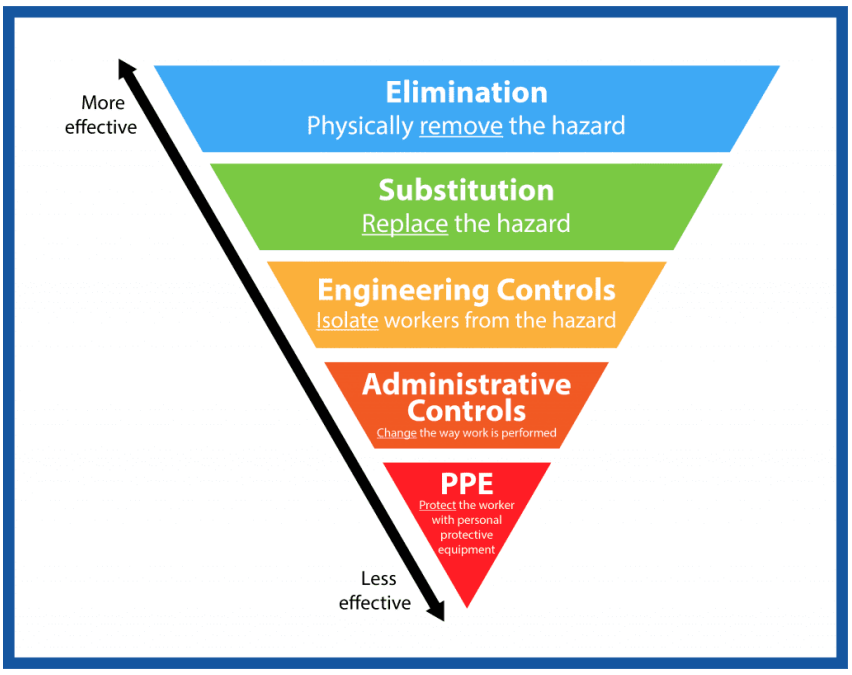
Gambar 5. 6 Penahan Mesin Terhadap Beton

Tiang baja memiliki ukuran 6 M dari *ground* dan memiliki ketebalan sebesar 1 M, Terdapat 5 Tiang baja dalam pembuatan penahan mesin, 2 Tiang pada bagian depan penahan dan 3 Tiang pada bagian belakang penahan, ukuran ini disesuaikan dengan mesin *feeder* yang ada pada di antara tiang baja, kemudian rangka penahan mesin feeder memiliki ukuran Panjang 6 M, Lebar 7,5 M, dan Tinggi 5 M dari dudukan Tiang Baja, kemudian terdapat penahan mesin yang tersambung antara beton dinding ke penahan mesin dengan ukuran 45°, Penahan mesin *feeder* yang dirancang bekerja dengan prinsip pembatas fisik (*physical barrier*) yang dipasang dan di las pada sisi - sisi mesin *feeder* untuk mencegah material *ore* tumpah ke luar dari penahan ke jalur *conveyor*. Penahan lama sering mengalami kejebolan karena material dan konstruksinya tidak mampu menahan tekanan lateral dari tumpukan *ore*.

Desain baru menggunakan plat baja dengan ketebalan yang lebih besar dan diperkuat tiang baja yang di anchor ke pondasi beton, sehingga struktur menjadi lebih rigid dan tidak mudah bergeser atau patah akibat beban *ore*. Penambahan cat anti korosi agar penahan lebih kuat dan rapat, *Ore* tidak lagi meluap ke area bawah mesin, sehingga aktivitas pembersihan manual menggunakan sekop dapat diminimalkan secara signifikan, Dan dalam desain baru pemilihan baja sangat diperhatikan agar dapat menyesuaikan dengan berat beban *ore* yang masuk. Usulan Pada penahan utama mesin dan tiang baja menggunakan Material yang dipilih pada rancangan alat adalah baja karbon SS400 berdasarkan standar JIS & JAPANESE INUDSTRIAL STANDARD (2015), karena karakteristik dari SS400 memiliki kekuatan yang baik, mudah dilakukan proses pengelasan, serta umum digunakan pada konstruksi industri seperti rangka mesin, conveyor, dan pelindung material. Baja SS400 memiliki nilai *yield strength* sekitar 245 MPa dan *ultimate tensile strength* sebesar 400 - 510 MPa(Nur et al., 2026), sehingga cukup mampu menahan beban benturan material ore serta getaran yang terjadi selama proses operasi.

Material SS400 dipilih karena mudah diperoleh di industri manufaktur dan memiliki biaya yang relatif ekonomis dibandingkan material dengan spesifikasi lebih tinggi. Dengan karakteristik tersebut, Penggunaan SS400 diperkirakan mampu menjaga kestabilan struktur alat usulan dan menjawab kebutuhan lapangan yang dibutuhkan,

supervisor HSE menyebutkan membutuhkan penahan yang kokoh dan kuat dan lebih stabil dalam mengantisipasi *ore* yang terjatuh dari mesin *feeder*. Pada dinding beton terdapat batang baja bundar yang menjadi sambungan antara penahan dengan dinding yang membuat penahan tetap stabil terhadap beban, getaran, dan gaya yang muncul. Penggunaan sistem sambungan ini dipilih karena memiliki kekuatan yang baik, mudah dilakukan pemasangan, serta umum digunakan pada struktur industri dan konstruksi mesin. Dalam mendesain ulang pada penahan mesin feeder menggunakan hirarki pengendalian risiko sebagai berikut :



Gambar 5. 7 *Hierarchy Of Control*

(Sumber :McCormick)

Pada gambar 5.7 terdapat hierarki pengendalian risiko dengan penjelasan sebagai berikut. Terdapat lima tingkatan pengendalian risiko, Eliminasi disebut sebagai pengendalian yang paling efektif, sehingga pembuatan desain ulang mesin feeder dengan penahan berbahan baja merupakan pilihan yang tepat karena menghilangkan aktivitas pembersihan *ore* pada sekitar area mesin *feeder* dan menghilangkan risiko pada pekerja pembersihan *ore* yang dapat menyebabkan cedera MSDs pada para pekerja yang melakukan aktivitas.

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada aktivitas pembersihan ore di area mesin feeder PT. Wanatiara Persada, Beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode Rapid Entire Body Assessment (REBA), diketahui bahwa aktivitas pembersihan ore pada area mesin feeder di PT. Wanatiara Persada memiliki tingkat risiko ergonomi yang tinggi. Hasil perhitungan menunjukkan skor REBA sebesar 10 yang termasuk ke dalam kategori risiko tinggi dan memerlukan tindakan perbaikan segera. Tingginya skor tersebut disebabkan oleh postur kerja operator yang membungkuk, aktivitas pengangkatan material secara berulang, serta durasi pekerjaan *manual handling* yang berlangsung selama 4 - 5 jam setiap shift. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aktivitas kerja pada area feeder belum ergonomis dan berpotensi menyebabkan gangguan *musculoskeletal disorders* (MSDs).
2. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM), diketahui bahwa operator mengalami keluhan muskuloskeletal pada bagian punggung, pinggang, bahu, lengan, dan kaki akibat aktivitas pembersihan *ore* yang dilakukan secara terus-menerus. Keluhan tersebut dipengaruhi oleh posisi kerja yang tidak ergonomis serta aktivitas *manual handling* yang dilakukan berulang dalam durasi kerja yang panjang. Hasil analisis NBM mendukung hasil analisis REBA bahwa pekerjaan pembersihan ore memiliki tingkat risiko ergonomi yang tinggi dan memerlukan perbaikan pada sistem kerja maupun fasilitas kerja.
3. Berdasarkan hasil pengolahan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP), diperoleh bahwa kriteria durability menjadi prioritas utama dalam pemilihan alternatif perbaikan dengan bobot sebesar 0,465252, diikuti

efektivitas sebesar 0,207639, kualitas sebesar 0,194266, biaya sebesar 0,085803, dan keberlanjutan sebesar 0,047041. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alternatif perbaikan yang dipilih harus mampu mengurangi kegiatan *manual handling*, mencegah luapan *ore* pada mesin feeder, serta meningkatkan keamanan dan kenyamanan kerja operator. Dengan adanya usulan perbaikan desain penahan mesin feeder, diharapkan risiko ergonomi dan potensi cedera kerja pada operator dapat dikurangi sehingga produktivitas kerja menjadi lebih baik.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penerapan perancangan ulang penahan mesin feeder berbahan baja agar mampu mengurangi terjadinya spill ore sehingga aktivitas pembersihan manual oleh pekerja dapat diminimalkan dan risiko *musculoskeletal disorders* (MSDs) dapat berkurang
2. Perlu adanya edukasi dan pelatihan terkait postur kerja ergonomis serta teknik *manual handling* yang benar kepada pekerja agar dapat mengurangi risiko cedera akibat aktivitas kerja yang dilakukan secara berulang.
3. Penambahan dalam jumlah responden dalam aktivitas *Rapid Entire Body Assessment (*REBA*)* dan penambahan jumlah responden dalam pengisian kuesioner *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam penelitian yang akan dilakukan dalam masa yang akan mendatang.
4. Penambahan dalam jumlah ahli (*expert)* dalam melakukan penilian *Analytical Hierarchy Process* (AHP) pada penelitian yang akan dilakukan mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Agnes Z. Yonatan. (2024, February 15). Indonesia Jadi Negara Penghasil Nikel Terbesar di Dunia. Goodstats.Id. Https://Goodstats.Id/Article/Indonesia-Jadi-Negara-Penghasil-Nikel-Terbesar-Di-Dunia-AAJuR.

Andyka Herlambang. (2023). Analisis Perawatan Fasilitas pt.xyz. jurnal manajemen dan bisnis ekonomi, *2*(1), 284–292. https://doi.org/10.54066/jmbe-itb.v2i1.1126

Armanda, Y., Rahmawati, R., & Batubara, H. (2024). redesain mesin *press* batako *moveable* untuk perbaikan postur kerja menggunakan metode *nordic body map* (nbm) dan *rapid upper limb assessment* (rula). In *integrate: Industrial Engineering and Management System* (Vol. 8, Number 1). https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/issue/view/2162-75-.

Ekonomi, J., dan Bisnis, K., Nur Rizki, A., Firmansyah, A., & Keuangan Negara STAN, P. (n.d.). EKOMBIS Sains Kewajiban Lingkungan Atas Reklamasi Dan Pasca Tambang Pada Perusahaan Sektor Pertambangan di Indonesia.

Ergonomi Dalam Perancangan Desain, E., Kusuma Wardani Staf Pengajar Fakultas Seni dan Desain, L., & Desain Interior Universitas Kristen Petra Surabaya, J. (2003). Evaluasi Ergonomi Dalam Perancangan Desain. http://puslit.petra.ac.id/journals/interior/.

Evadarianto, N. (2017). POSTUR KERJA DENGAN KELUHAN MUSCULOSKELETAL DISORDERS PADA PEKERJA MANUAL HANDLINGBAGIAN ROLLING MILL. *The* Indonesian Journal of Occupational Safety and Health, 6(1), 97. https://doi.org/10.20473/ijosh.v6i1.2017.97-106.

Hasanah, M., & . W. (2019). PENGARUH POSTUR KERJA TERHADAP KELUHAN MUSKULOSKELETAL. *GEMA LINGKUNGAN KESEHATAN*, *17*(1). https://doi.org/10.36568/kesling.v17i1.1047.

Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, *31*(2), 201–205. https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3

Hudaningsih, N., & Mahardika, D. S. (2021). ANALISIS BEBAN KERJA FISIK PEKERJA HELPER DENGAN METODE NORDIC BODY MAP (NBM) DAN BIOMEKANIKA DI PELINDO III CABANG BADAS KABUPATEN SUMBAWA BESAR. *JURNAL INDUSTRI & TEKNOLOGI SAMAWA*, *2*(2), 56–63. https://doi.org/10.36761/jitsa.v2i2.1279.

JIS, & JAPANESE INUDSTRIAL STANDARD. (2015). *Rolled steels for general structure*.

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL. (2024, August 5). *Hilirisasi Nikel Hasilkan Nilai Tambah Industri Baterai Kendaraan Listrik*. Https://Www.Esdm.Go.Id/Id/Media-Center/Arsip-Berita/Hilirisasi-Nikel-Hasilkan-Nilai-Tambah-Industri-Baterai-Kendaraan-Listrik.

Lady, L., & Wiyanto, A. S. (2019). TINGKAT KELELAHAN KERJA PADA PEKERJA LUAR RUANGAN DAN PENGARUH LINGKUNGAN FISIK TERHADAP PENINGKATAN KELELAHAN. *Journal Industrial Servicess*, *5*(1). https://doi.org/10.36055/jiss.v5i1.6504

McCormick, V. (2007). *NIOSH's Hierarchy of Controls*. Https://Www.Nesglobal.Net/ Nioshs-Hierarchyof-Controls/.

Meilani, S., Yohanan, A., Dwi Cahyani, S., Studi, P. S., Lingkungan, K., & Widyagama Husada Malang, S. (2023). *ANALISIS FAKTOR RISIKO KEJADIAN MUSCULOSKELETAL*

DISORDERS (MSDS) PADA PENGRAJIN KERAMIK DI TLOGOMAS KECAMATAN LOWOKWARU KOTA MALANG. *4*(3).

Nur, H., Basri, H., Mesin, J. T., Perbaikan, D., Politeknik, M., Samarinda, N., Jurusan, I., Mesin, T., Arif, F. X., Jurusan, W., & Suprihanto, A. (2026). PENGARUH KECEPATAN PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN SAMBUNGAN LAS GAS METAL ARC WELDING (GMAW) BAJA KARBON RENDAH SS400. *Jurnal SIMETRIS*, *17*(1).

Oktavia, R. (2024). *Cantaka: Jurnal Ilmu Ekonomi dan Manajemen Literature Review : Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kejadian Musculoskeletal Disorders (Msds) Pada Pekerja di Sektor Manufaktur*. (2), 12–22.

Purnomo, H., Adnyana Manuaba, & Nyoman Adiputra. (2007). *SISTEM KERJA DENGAN PENDEKATAN ERGONOMI TOTAL MENGURANGI KELUHAN MUSKULOSKELETAL, KELELAHAN DAN BEBAN KERJA SERTA MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PEKERJA INDUSTRI GERABAH DI KASONGAN, BANTUL*.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. In *Int. J. Services Sciences* (Vol. 1, Number 1).

Sari, A. F., Yuliarty, P., & Wibowo, A. (2020). ANALISIS TINGKAT RISIKO PEKERJA PADA POIN KERJA HEADER PIPE DENGAN METODE RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT (REBA) DAN RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA). *Jurnal PASTI*, *13*(3), 285. https://doi.org/10.22441/pasti.2019.v13i3.006

Syaifullah. (2010). *pengenalan-analytical-hierarchy-process*.

Tarwaka. (2004). *Perpustakaan Nasional: Katalog dalam terbitan (KDT) Tarwaka* (Vol. 323).

Tarwaka. (2015). *EKONOMI INDUSTRI : Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi Di Tempat Kerja / Tarwaka* (2nd ed.).

Timbul Pasaribu. (2024). *Peran Ergonomi dalam Meningkatkan Efisiensi dan Keselamatan Kerja di Industri TIMBUL PASARIBU*.

Wildasari, T., & Nurcahyo, R. E. (2023). Hubungan Antara Postur Kerja, Umur, Masa Kerja Dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) Pada Pekerja. *Jurnal Lentera Kesehatan Masyarakat*, *2*(1), 43–52. https://doi.org/10.69883/jlkm.v2i1.24

Winda, V., Perijingga, A., Asmaningrum, N., Afandi, A. T., Purwandari, R., Muhammad, K. R., Studi, P., Keperawatan, I., Keperawatan, F., & Jember, U. (2023). *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat EKSPLORASI OCCUPATIONAL HAZARD PADA PEKERJA PERTAMBANGAN PASIR DI KECAMATAN TEMPEH KABUPATEN LUMAJANG*.

LAMPIRAN





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

TEKNIK INDUSTRI

Pengukuran tingkat kelelahan pekerja Fabrikasi PT. Wanatiara Persada

Nama Lengkap : Derri apriyanto

Umur : 30 thn (25 thn pertanyaan 1.

Tinggi Badan :

Produksi elektroda

PETUNJUK PENGISIAN

TP = Tidak Pernah

KD = Kadang - Kadang

SR = Sering

SL = Selalu

1. Saat bekerja, saya melakukan posisi duduk yang lama (≥ 2 jam per hari
   - (TP) -SR
   - KD -SL
2. Saat bekerja, saya duduk dengansikap duduk tegak
   - TP -SR
   - KD -SL
3. Saat bekerja, saya duduk dengan sikap posisi duduk miring
   - TP -SR
   - KD -SL

4. Saya melakukan sikap kerja membungkuk yang berulang-ulang
   - TP
   - KD
   - SR
   - (SL)
5. Saya melakukan sikap kerja membungkuk dibarengi dengan mengangkat beban
   - TP
   - KD
   - SR
   - (SL)
6. Saya tidak merubah posisi saat membungkuk ke posisi duduk tegak ketika bekerja setelah 15-20 menit
   - TP -SR
   - KD (-SL)
7. Saya melakukan kegiatan angkat-angkut barang saat bekerja
   - TP -SR
   - KD -SL
8. Saat bekerja, saya melakukan posisi berdiri yang lama ≥2 jam tanpa diselingi duduk
   - TP (-SR)
   - KD -SL
9. Saya melakukan gerakan memutar saat berdiri
   - TP -SR
   - KD - SL

4. Saya melakukan sikap kerja membungkuk yang berulang-ulang
   - TP
   - (KD)
   - SR
   - SL
5. Saya melakukan sikap kerja membungkuk dibarengi dengan mengangkat beban
   - TP
   - KD
   - SR
   - (SL)
6. Saya tidak merubah posisi saat membungkuk ke posisi duduk tegak ketika bekerja setelah 15-20 menit (4 jam)
   - TP -SR
   - KD (SL)
7. Saya melakukan kegiatan angkat-angkut barang saat bekerja
   - TP -SR
   - KD (-SL)
8. Saat bekerja, saya melakukan posisi berdiri yang lama ≥2 jam tanpa diselingi duduk
   - TP (-SR)
   - KD -SL
9. Saya melakukan gerakan memutar saat berdiri
   - TP -SR
   - KD - SL

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

TEKNIK INDUSTRI

Pengukuran tingkat kelelahan pekerja Fabrikasi PT. Wanatiara Persada

Nama Lengkap : Heri saputra.

Umur : 28 tahun. (3 thn 8 bulan).

Tinggi Badan :

Pengarasan.

PETUNJUK PENGISIAN

TP = Tidak Pernah

KD = Kadang - Kadang

SR = Sering

SL = Selalu

1. Saat bekerja, saya melakukan posisi duduk yang lama (≥ 2 jam per hari
   - TP (SR)
   - KD -SL
2. Saat bekerja, saya duduk dengansikap duduk tegak
   - TP -SR
   - KD (SL)
3. Saat bekerja, saya duduk dengan sikap posisi duduk miring
   - TP -SR
   - KD -SL

4. Saya melakukan sikap kerja membungkuk yang berulang-ulang
   - TP
   - KD
   - SR
   - (SL)
5. Saya melakukan sikap kerja membungkuk dibarengi dengan mengangkat beban
   - TP
   - KD
   - SR
   - (SL)
6. Saya tidak merubah posisi saat membungkuk ke posisi duduk tegak ketika bekerja setelah 15-20 menit (2 jam).
   - TP -SR
   - KD (-SL)
7. Saya melakukan kegiatan angkat-angkut barang saat bekerja
   - TP -SR
   - KD (-SL)
8. Saat bekerja, saya melakukan posisi berdiri yang lama ≥2 jam tanpa diselingi duduk
   - (TP) -SR
   - KD -SL
9. Saya melakukan gerakan memutar saat berdiri
   - TP (-SR)
   - KD - SL

KUESIONER NORDIC BODY MAP

NAMA : ANTO

No	Bagian Segmen Tubuh	Tingkat Kesakitan			
		A	B	C	D
0	Sakit di leher bagian atas		✓		
1	Sakit 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 di 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 kaki kiri		✓		
27	Sakit pada kaki kanan			✓	

NAMA : Malik

No	Bagian Segmen Tubuh	Tingkat Kesakitan			
		A	B	C	D
0	Sakit di leher bagian atas		✓		
1	Sakit 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 di 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 kaki kiri		✓		
27	Sakit pada kaki kanan				✓

NAMA : Zainudin

No	Bagian Segmen Tubuh	Tingkat Kesakitan			
		A	B	C	D
0	Sakit di leher bagian atas			✓	
1	Sakit 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 di 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 kaki kiri			✓	
27	Sakit pada kaki kanan			✓	