



Prof. Dr. Ir. Lilik Sudiajeng, M.Erg.
M. Yusuf
I Made Sudana

INOVASI ERGONOMI KONSTRUKSI

Peningkatan Budaya K3 dan Produktivitas
Kerja Pembesian Balok Beton Bertulang

litrus.

INOVASI ERGONOMI KONSTRUKSI

Peningkatan Budaya K3 dan Produktivitas
Kerja Pembesian Balok Beton Bertulang

Prof. Dr. Ir. Lilik Sudiajeng, M.Erg.
M. Yusuf
I Made Sudana

INOVASI ERGONOMI KONSTRUKSI
Peningkatan Budaya K3 dan Produktivitas Kerja Pembesian Balok
Beton Bertulang

Ditulis oleh :
Prof. Dr. Ir. Lilik Sudiajeng, M.Erg.
M. Yusuf
I Made Sudana

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh
PT. Literasi Nusantara Abadi Grup
Perumahan Puncak Joyo Agung Residence Kav. B11 Merjosari
Kecamatan Lowokwaru Kota Malang 65144
Telp : +6285887254603, +6285841411519
Email: literasinusantaraofficial@gmail.com
Web: www.penerbitlitnus.co.id
Anggota IKAPI No. 340/JTI/2022



Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip
atau memperbanyak baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku
dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, Februari 2024

Perancang sampul: Noufal Fahriza
Penata letak: Noufal Fahriza

ISBN : 978-623-114-490-4
vi + 80 hlm. ; 15,5x23 cm.

©Februari 2024

PENGANTAR

Dunia konstruksi terus berkembang seiring dengan tuntutan zaman, dan tantangan demi tantangan harus dihadapi dengan solusi inovatif. Dunia konstruksi sangatlah kompleks, melibatkan jumlah tenaga kerja yang banyak dengan latar belakang yang sangat variatif. Pekerja terpapar dengan lingkungan kerja yang panas berdebu, dan bising, bekerja di ketinggian, berhubungan dengan alat berat dan alat bantu kerja dengan risiko kecelakaan yang tinggi. Oleh karenanya dunia konstruksi mengandung risiko kecelakaan dan sakit akibat kerja yang tinggi. Salah satu bagian pekerjaan dengan risiko kecelakaan dan sakit akibat kerja yang tinggi adalah pekerjaan struktur beton bertulang yang hingga saat ini masih mendominasi pekerjaan konstruksi secara menyeluruh. Dari bagian pekerjaan beton bertulang yang rumit adalah pekerjaan pembesian, sebuah tahap yang memerlukan presisi tinggi dan perhatian terhadap aspek kesehatan dan keselamatan kerja.

Buku ini memaparkan tentang potensi bahaya ergonomi dan menyajikan solusi ergonomi sebagai fondasi untuk peningkatan budaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja (K3L). Dengan menerapkan ergonomi dalam setiap langkah konstruksi, kita membuka jalan menuju lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, efisien, produktif dan berdaya saing.

Penulis, melalui riset mendalam dan pengalaman praktis, menyajikan ide inovatif sederhana yang dapat diadopsi oleh para profesional konstruksi, insinyur, dan manajer proyek. Buku ini mengajak pembaca untuk memandang konstruksi sebagai panggung

inovasi, di mana ergonomi bukan hanya menjadi norma, tetapi juga pendorong utama untuk peningkatan produktivitas dan keberlanjutan.

Kami berharap bahwa buku ini tidak hanya memberikan wawasan baru, tetapi juga menjadi sumber inspirasi bagi para praktisi konstruksi untuk menerapkan ergonomi sebagai bagian integral dari setiap proyek. Semoga buku ini menjadi langkah awal menuju budaya konstruksi yang mampu menjamin keselamatan, kesehatan, dan kesejahteraan pekerja dan perusahaan.

Selamat membaca, dan mari bersama-sama mewujudkan inovasi ergonomi dalam konstruksi!

Bali, Januari 2024

Prof. Dr. Ir. Lilik Sudiajeng, M.Erg.

DAFTAR ISI

Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	v

BAB I

PENDAHULUAN	1
--------------------------	----------

BAB II

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA	3
--	----------

Pengertian Keselamatan Kerja.....	3
-----------------------------------	---

Pengertian Kesehatan Kerja.....	4
---------------------------------	---

Pengertian Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	5
---	---

BAB III

RISIKO.....	9
--------------------	----------

Definisi Risiko.....	9
----------------------	---

Metode Identifikasi dan Analisis Risiko	11
---	----

Pengertian Kecelakaan Kerja	15
-----------------------------------	----

Pencegahan Kecelakaan Kerja.....	17
----------------------------------	----

BAB IV

PROYEK KONSTRUKSI	23
--------------------------------	-----------

Pengertian Proyek Konstruksi.....	23
-----------------------------------	----

Jenis dan Karakteristik Proyek Konstruksi.....	24
Konstruksi Beton Bertulang	25

BAB V

ERGONOMI UNTUK K3L 27

Konsep Ergonomi.....	27
Ergonomi untuk K3L.....	28
Aspek Ergonomi untuk Perancangan Stasiun Kerja	29
Sikap Kerja Pekerjaan Pembesian Balok Beton Bertulang.....	31

BAB VI

INSTRUKSI PENGGUNAAN ALAT

ERGONOMIS 33

Rancangan Kajian Alat Ergonomis.....	33
Perancangan, Pembuatan dan Pengadaan Alat Bantu	38
Pengukuran Data Beban Kerja	41
Pengukuran Tingkat Keluhan Otot (MSDs)	44
Pengukuran Tingkat Kelelahan	52

BAB VII

ANALISIS SIKAP INTERVENSI ERGONOMI... 65

Analisis Data Fisik Subjek.....	65
Analisis Tingkat Risiko MSDs.....	66

BAB VIII

PENUTUP 75

Daftar Pustaka	77
----------------------	----



BAB I

PENDAHULUAN

Sejauh ini, konstruksi masih menjadi industri yang bertanggung jawab atas kecelakaan kerja yang paling fatal, tidak hanya di negara-negara berkembang namun juga di negara-negara maju seperti Eropa. Eurostat (2017) melaporkan bahwa industri konstruksi memberikan kontribusi kecelakaan fatal tertinggi, hingga mencapai lebih dari 20%, diikuti oleh bidang transportasi dan manufaktur. Sementara itu, Raymond dkk. (2017) juga melaporkan bahwa kecelakaan kerja konstruksi antara lain disebabkan oleh kurangnya pelatihan dan pengalaman tentang K3.

Di Nairobi-County Kenya, 74% pekerja yang terluka atau terbunuh saat kecelakaan terjadi berusia di bawah 40 tahun, terjadi pada jam tersibuk (10-11 pagi, dan 3-4 sore). Jatuh dari ketinggian dan terkena benda- benda yang jatuh berkontribusi terhadap sekitar 64% dari semua kecelakaan di lokasi konstruksi. Merujuk data BPJS Ketenagakerjaan, angka kecelakaan kerja sektor konstruksi di Indonesia selalu berada di kisaran 32%, diikuti oleh industri manufaktur pada kisaran 31% (Isafetynews, 2017).

Lebih jauh lagi Jones (2019) melaporkan bahwa berdasarkan hasil survei dan sensus yang dilakukan oleh Biro Statistik Amerika Serikat dapat diketahui bahwa hingga tahun 2018 kecelakaan

fatal di industri konstruksi condong terus meningkat. Di samping kecelakaan fatal, yang sering luput dari perhatian adalah sakit fatal akibat kerja. ILO (2015) melaporkan bahwa sakit fatal akibat kerja jauh lebih besar dari kecelakaan kerja fatal. Sakit fatal akibat kerja mencapai sekitar 86% sementara kecelakaan kerja fatal hanya sekitar 14%. Sementara itu jenis penyakit akibat kerja dengan kompensasi biaya yang terbesar adalah keluhan atau cedera otot (*Musculoskeletal Disorders – MSDs*) yang mencapai sekitar 40% dari total biaya kompensasi sakit akibat kerja. Hasil analisis sikap kerja pekerjaan pembesian beton bertulang dengan menggunakan metode RULA menunjukkan *Rula score* adalah 7 yang berarti memiliki potensi bahaya MSDs yang sangat tinggi dan memerlukan perbaikan kondisi kerja dengan segera (Sudijeng, 2018). Penyebab utama keluhan MSDs adalah hazard ergonomi berupa stasiun dan alat bantu kerja yang didesain tanpa memperhatikan antropometri pekerja sehingga mengkondisikan pekerja melakukan tugasnya dengan sikap jongkok, duduk di lantai, dan memutar tubuh secara berulang. Kondisi kerja yang lebih parah lagi adalah kurangnya kesadaran pekerja terhadap budaya K3. Banyak dijumpai dalam pelaksanaan proyek bahwa pekerja sering mengabaikan rambu- rambu atau SOP K3 meskipun sudah disediakan oleh pihak manajemen proyek. Oleh karena itu penting untuk dilakukan upaya lain yang bisa mengkondisikan agar pekerja melakukan tugasnya dengan aman tanpa disadarinya.

Atas dasar hasil kajian tersebut maka sebagai kajian lanjutan telah dilakukan Inovasi ergonomi melalui rekayasa alat bantu kerja berupa tetrapot yang didesain berdasarkan antropometri pekerja yang *portable*, *flexible*, dan murah dan dapat difungsikan sebagai meja kerja pelaksanaan pekerjaan pembesian balok beton bertulang sehingga pekerja terkondisi untuk melakukan tugasnya dengan sikap kerja alamiah, risiko kecekaan dan sakit akibat kerja dapat ditekan, budaya K3 terbangun dan pada akhirnya produktivitas meningkat.



BAB II

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

Pengertian Keselamatan Kerja

Keselamatan adalah suatu kondisi yang bebas dari risiko yang relatif sangat kecil di bawah tingkatan tertentu. Sedangkan risiko adalah tingkat kemungkinan terjadinya suatu bahaya yang menyebabkan kecelakaan dan intensitas bahaya tersebut (HIPSMI dalam buku Notoatmodjo, 2007).

Keselamatan kerja merupakan sarana utama untuk pencegahan kecelakaan, cacat dan kematian sebagai akibat kecelakaan kerja. Keselamatan kerja yang baik adalah pintu gerbang bagi keamanan tenaga kerja. Kecelakaan selain menjadi sebab hambatan-hambatan langsung juga merupakan kerugian secara tidak langsung yakni kerusakan mesin dan peralatan kerja, terhentinya proses produksi untuk beberapa saat, kerusakan pada lingkungan kerja, dan lain-lain.

Menurut Sumamur (2001), keselamatan kerja merupakan rangkaian usaha untuk menciptakan suasana kerja yang aman dan tentram bagi para karyawan yang bekerja di perusahaan yang bersangkutan.

Pengertian Kesehatan Kerja

Kesehatan kerja merupakan aplikasi kesehatan masyarakat dalam suatu tempat kerja. Lazimnya dalam tatanan kesehatan terdapat pasiennya, dan yang menjadi pasien dari kesehatan kerja adalah masyarakat pekerja dan masyarakat di sekitar perusahaan tersebut. Kesehatan kerja bertujuan untuk memperoleh derajat kesehatan setinggi-tingginya, baik fisik, mental, dan sosial bagi masyarakat pekerja dan masyarakat lingkungan perusahaan tersebut, melalui usaha-usaha preventif, promotif, dan kuratif terhadap penyakit atau gangguan kesehatan akibat kerja atau lingkungan kerja (Notoatmodjo, 2007).

Pengertian sehat senantiasa digambarkan sebagai suatu kondisi fisik, mental dan sosial seseorang yang tidak saja bebas dari penyakit atau gangguan kesehatan melainkan juga menunjukkan kemampuan untuk berinteraksi dengan lingkungan dan pekerjaannya. Konsep kesehatan kerja dewasa ini semakin banyak berubah, bukan sekedar “kesehatan pada sektor industri” saja melainkan juga mengarah kepada upaya kesehatan untuk semua orang dalam melakukan pekerjaannya (Wahyuningsih, 2021). Supaya seorang tenaga kerja berada dalam keserasian sebaik-baiknya, yang berarti bahwa yang bersangkutan dapat terjamin keadaan kesehatan dan produktivitas kerjanya secara optimal, maka perlu ada keseimbangan antara beban kerja, beban tambahan akibat dari pekerjaan dan lingkungan kerja dan kapasitas kerja (Suma'mur, 2009).

Tujuan akhir kesehatan kerja ini adalah untuk menciptakan tenaga kerja yang sehat dan produktif. Tujuan ini dapat tercapai apabila didukung oleh lingkungan kerja yang memenuhi syarat-syarat kesehatan. Lingkungan kerja yang mendukung terciptanya tenaga kerja yang sehat dan produktif antara lain suhu ruangan yang nyaman, penerangan/pencahayaan yang cukup, bebas dari debu, sikap badan yang baik, alat-alat kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh atau anggotanya (ergonomi), dan sebagainya (Notoatmodjo, 2007).

Pengertian Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keselamatan dan Kesehatan Kerja mempunyai tujuan untuk memperkecil atau menghilangkan potensi bahaya atau risiko yang dapat mengakibatkan kesakitan dan kecelakaan dan kerugian yang mungkin terjadi. Kerangka konsep berpikir Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah menghindari Risiko sakit dan celaka dengan pendekatan ilmiah dan praktis secara sistematis (*systematic*), dan dalam kerangka piker kesisteman (*system oriented*) (Anonim, 2010).

Keselamatan dan Kesehatan Kerja dapat diartikan sebagai kegiatan yang menjamin terciptanya kondisi kerja yang aman, terhindar dari gangguan fisik dan mental melalui pembinaan dan pelatihan, pengarahan, dan control terhadap pelaksanaan tugas dari para karyawan dan pemberian bantuan sesuai dengan aturan yang berlaku, baik dari lembaga pemerintah maupun perusahaan dimana mereka bekerja (Yuli, 2005). Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan upaya preventif yang kegiatan utamanya adalah identifikasi, substitusi, eliminasi, evaluasi, dan pengendalian risiko dan bahaya (Notoatmodjo, 2007).

Menurut Joint Committe ILO dan WHO bahwa keselamatan dan kesehatan kerja adalah:

”The promotion and maintenance of the highest degree of physical, mental and social well being of workers in all occupations; the prevention among workers of departures from health caused by their working conditions; the protection of workers in their employment from risks resulting from factors adverse to health; the placing and maintenance of the worker in an occupational environment adapted to his physiological equipment; to summarize: the adaptation of work to man and each man to his job.” (Joint committee: ILO & WHO, 1995).

Dari definisi tersebut dapat diamati adanya uraian yang menekankan prinsip praktis atau pendekatan program yang mendasari

Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Sedangkan menurut *Occupational Safety and Health Administration* USA lebih melihat dari sudut pandang ilmiah dengan keilmuan dasar yang jadi pendukungnya. Keselamatan dan Kesehatan Kerja yaitu:

Occupational Health and Safety concern the application of scientific principles in understanding the nature of risk to the safety of people and property in both industrial & non industrial environments. It is multi disciplinary profession based upon physics, chemistry, biology and behavioral sciences with applications in manufacturing, transport, storage and handling of hazardous material and domestic and recreational activities. (OSHA, USA.1970).

Secara umum Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah ilmu dan seni dalam menangani atau mengendalikan bahaya dan Risiko yang ada di atau dari tempat kerja yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan atau keselamatan pada pekerja maupun masyarakat sekitar lingkungan kerja (Geotsch, 1993). Sementara itu berdasarkan Peraturan Pemerintah RI Nomor 50 tahun 2012 Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 didefinisikan sebagai segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja

Kemenaker RI dalam modul pelatihan Ahli Keselamatan dan Kesehatan Kerja menyebutkan bahwa keselamatan dan kesehatan kerja mempunyai 3 pengertian yaitu:

1. Secara filosofi, keselamatan dan kesehatan kerja adalah suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmaniah maupun rohaniah tenaga kerja pada khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budayanya menuju masyarakat adil dan makmur.
2. Secara keilmuan, keselamatan dan kesehatan kerja adalah ilmu pengetahuan dan penerapannya dalam usaha mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

3. Secara praktis, keselamatan dan kesehatan kerja adalah merupakan suatu upaya perlindungan agar tenaga kerja selalu dalam keadaan sehat dan selamat selama melakukan pekerjaan ditempat kerja serta bagi orang lain yang memasuki tempat kerja maupun sumber dan proses produksi dapat secara aman dan efisien dalam pemakaiannya.

Tujuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja berdasarkan Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 adalah:

1. Perlindungan terhadap tenaga kerja yang berada di lingkungan kerja agar selalu terjamin keselamatan dan kesehatan sehingga dapat diwujudkan peningkatan produksi dan produktifitas.
2. Perlindungan terhadap setiap orang yang berada di lingkungan kerja agar selalu dalam keadaan selamat.
3. Perlindungan terhadap bahan dan peralatan produksi agar dapat dipakai dan digunakan secara aman dan efisien.
4. Mencegah terjadinya kecelakaan, kebakaran, peledakan, dan penyakit akibat kerja.
5. Mengamankan mesin dan peralatan, instalasi, pesawat, alat kerja, bahan baku, dan bahan hasil produksi



BAB III

RISIKO

Definisi Risiko

Definisi Risiko menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah akibat yang kurang menyenangkan (merugikan, membahayakan) dari suatu perbuatan atau tindakan. Risiko merupakan kombinasi dari kemungkinan terjadinya kejadian berbahaya atau paparan dengan keparahan suatu cedera atau sakit penyakit yang dapat disebabkan oleh kejadian atau paparan tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi risiko, penilaian risiko, dan penetapan pengendalian yang diperlukan (OHSAS 18001: 2007).

Manajemen risiko adalah sebuah cara yang sistematis dalam memandang sebuah risiko dan menentukan dengan tepat penanganan terhadap risiko tersebut. Ini merupakan sebuah sarana untuk mengidentifikasi sumber dari risiko dan ketidakpastian, serta dapat memperkirakan dampak yang akan ditimbulkan dan mengembangkan respon yang harus dilakukan untuk menanggapi risiko tersebut. Tindakan manajemen risiko diambil oleh para praktisi untuk merespon bermacam-macam risiko. Responden melakukan dua macam hal tindakan dalam manajemen risiko yaitu prihal mencegah dan memperbaiki (Ibrahim, 2011).

Menurut Australia/New Zealand Standard atau disebut juga AS/NZS 4360 (2004), risiko adalah suatu kesempatan dari kejadian atau peristiwa yang dapat menimbulkan dampak pada sasaran, risiko diukur berdasarkan adanya kemungkinan terjadinya suatu kasus dan konsekuensi yang dapat ditimbulkan. Pada Manajemen Risiko dalam perspektif K3 (Soehatman, 2009), jenis risiko dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Risiko Keselamatan (*Safety Risk*)
Risiko keselamatan adalah suatu risiko yang mempunyai kemungkinan rendah untuk terjadi tetapi memiliki konsekuensi besar. Risiko ini dapat terjadi sewaktu-waktu, bersifat akut dan fatal. Kerugian-kerugian yang biasanya terjadi dalam risiko keselamatan adalah cedera, kehilangan hari kerja, kerusakan property dan kerugian produksi dan penjualan.
2. Risiko Kesehatan (*Health Risk*)
Risiko kesehatan adalah suatu risiko yang mempunyai kemungkinan tinggi untuk terjadi tetapi memiliki konsekuensi yang rendah. Risiko jenis ini dapat terjadi kapan saja secara terus-menerus dan berdampak kronik. Penyakit-penyakit yang terjadi misalnya gangguan pernafasan, gangguan syaraf, gangguan reproduksi dan gangguan metabolic atau sistemik.
3. Risiko Lingkungan (*Environmental Risk*)
Risiko ini berhubungan dengan keseimbangan lingkungan. Ciri-ciri risiko lingkungan adalah perubahan yang tidak signifikan, mempunyai masa laten yang panjang, berdampak besar pada populasi atau komunitas, berubahnya fungsi dan kapasitas habitat dan ekosistem serta kerusakan sumber daya alam
4. Risiko Keuangan (*Financial Risk*)
Risiko keuangan berkaitan dengan masalah ekonomi, contohnya adalah kelangsungan suatu bisnis, asuransi dan inventasi

5. Risiko Umum (*Public Risk*)

Risiko ini berkaitan dengan kesejahteraan kehidupan orang banyak. Sehingga hal-hal yang tidak diharapkan seperti pencemaran air dan udara dapat dihindari.

Metode Identifikasi dan Analisis Risiko

Terdapat bermacam metode yang sering digunakan dalam proses mengidentifikasi risiko untuk mengetahui faktor penyebab atau dampak dari risiko itu sendiri. Berikut beberapa contoh metode dalam mengidentifikasi risiko:

1. *Preliminary Hazard Analysis*

Preliminary Hazard Analysis adalah suatu metode yang dilakukan jika tidak adanya informasi mengenai suatu sistem baru yang akan dipergunakan. Metode ini biasanya dilakukan pada awal sebelum sistem baru mulai diterapkan.

2. *Failure Mode Effect Analysis*

Failure Mode Effect Analysis adalah metode yang dipergunakan dalam menganalisa sistem yang berhubungan dengan engineering dalam menilai efek dari kegagalan komponen suatu sistem serta mengevaluasi efek dari kegagalan tersebut, sehingga efek dari kegagalan system tersebut dapat dikurangi.

3. *Check List*

Check List merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui sebuah kondisi awal dalam mengevaluasi sebuah perangkat, peralatan, fasilitas dan prosedur operasi dengan teknik memberi tanda/ simbol-simbol pada setiap tahapdata yang akan dievaluasi.

4. *Hazard and operability Study*

Hazard and operability Study (HAZOPS) merupakan metode yang sering digunakan pada industri kimia dalam mengidentifikasi bahaya yang kaitannya dalam memproses bahan kimia serta dampak bahan-bahan kimia tersebut pada lingkungan.

5. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Fault Tree Analysis metode yang digunakan dalam memprediksi atau digunakan sebagai alat investigasi setelah terjadi kecelakaan, konsep ini dilakukan dengan mencari keterkaitan secara berantai yang menyebabkan kecelakaan bias terjadi.

6. *Causal Factor Analysis*

Merupakan aplikasi dari metode analisa kecelakaan untuk menentukan faktor penyebab dengan mengidentifikasi kejadian-kejadian dan kondisi-kondisi yang signifikan yang dapat menyebabkan terjadinya suatu kecelakaan.

7. *Event tree analysis*

Adalah teknik analisis untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi urutan peristiwa dalam skenario kecelakaan yang potensial. ETA menggunakan struktur pohon logikavisual yang dikenal sebagai pohon kejadian (ET). Tujuan dari ETA adalah untuk menentukan apakah suatu kejadian akan berkembang menjadi sebuah kecelakaan serius atau jika peristiwatersebut dapat dikendalikan oleh sistem keselamatan dan prosedur yang diterapkan dalam desainsistem. ETA dapat menghasilkan berbagai kemungkinan hasil keluaran dari sebuah kejadianawal, dan dapat memprediksi kemungkinan terjadinya kecelakaan untuk setiap hasil keluaran.

8. *Job Safety Analysis*

Job Safety Analysis atau JSA adalah metode yang dilakukan dalam upaya mengidentifikasi bahaya atau risiko-risiko kecelakaan kerja yang dapat terjadi di tempat kerja dari setiap aspek yang mempengaruhi tahapan pekerjaan tersebut.

9. *Bowtie Analysis*

Bow-tie analysis (BTA) pada awalnya disebut “butterfly diagrams” dan berevolusi dari “cause consequence diagram”. Bagaimanapun bow-tie methodology adalah adaptasi dari tiga conventional

system safety techniques: *Fault Tree Analysis, Causal Factors Charting dan Event Tree Analysis*

Safeguards (barrier) yang ada diidentifikasi dan dievaluasi kecukupannya. Proteksi tambahan kemudian ditentukan dan direkomendasikan dengan tepat. Jenis penyebab skenario diidentifikasi dan digambarkan pada pre-event side (sisi kiri) dari bow-tie diagram. Hasil dari consequences dan skenario yang dapat dipercaya digambarkan pada post-event side (sisi kanan) dari diagram dan barrier/safeguard yang terhubung dimasukkan (Nolan, 2015).

Visualisasi interaksi antara *risk element* ini memberikan representasi untuk lebih mudah dipahami dan dimengerti oleh mereka yang pada umumnya bukan seorang yang ahli dalam risk dan safety, tetapi lebih kepada ahli dalam praktek langsungnya (e.g Air Traffic Control). Hal ini bersifat krusial jika risk management adalah aktivitas yang dikerjakan oleh mereka yang bertanggung jawab atas keselamatan dari pada mereka yang dari luar safety departement. (Weaver, 2012).

Keterlibatan dari tenaga kerja itu sendiri juga sangat penting. Manajemen risiko adalah tanggung jawab dari line managers dan orang-orang yang berada di bawahnya. Semua staff dapat melihat kenapa apa yang mereka lakukan adalah krusial dalam pengendalian risiko. Pada bagian tengah dari setiap bow-tie adalah initiating event (atau “top event”). Ini adalah titik waktu ketika ada loss of control dari hazard (sumber energi dengan potensi menimbulkan kerugian atau kerusakan). Langkah selanjutnya adalah menentukan penyebab dari initiating event, dan potential consequences dari event tersebut. Untuk setiap penyebab (cause), kedua tindakan pengendalian (barrier) yang dapat mengurangi kemungkinan dari terjadinya initiating event (preventive control) dan tindakan yang dapat diambil untuk mengurangi severity dari dampak setiap initiating event (mitigating controls) kemudian diidentifikasi.

Bow tie diagram juga dikenal sebagai barrier diagrams, bow tie diagrams menyediakan visualisasi yang dapat dimengerti dari hubungan antara penyebab gangguan atau kerusakan, kondisi yang dapat memicu peningkatan risiko sampai kemungkinan terjadinya kecelakaan, kontrol untuk mencegah terjadinya kecelakaan dan tindakan persiapan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkannya (GCPS, 2010)

Metodologi seperti ini (Bow tie analysis) dapat digunakan untuk menilai tipe-tipe masalah yang berbeda, tetapi dalam hal keselamatan, tipe analisis ini digunakan untuk menilai dan mendukung accident analysis, process hazard dan penyelenggaraan manajemen risiko (Clixto, 2015)

Metode *bow tie risk analysis* menghubungkan bahaya dan dampaknya melalui rangkaian garis kejadian yang dapat digambarkan secara grafik dalam bentuk diagram yang menunjukkan rute menuju kecelakaan (ATSIC, 2009)

Selain mengidentifikasi risiko, perlu juga dilakukan analisis risiko. Analisis risiko merupakan kegiatan menganalisa suatu risiko dengan menentukan besarnya kemungkinan terjadi dan tingkat dari penerimaan akibat suatu risiko. Tujuan adalah untuk membedakan antara risiko kecil, risiko sedang, dengan risiko besar dan menyediakan data untuk membantu evaluasi dan penanganan risiko (AZ/NZS 4360). Faktor yang mempengaruhi dalam analisis risiko adalah:

1. Sumber risiko

Merupakan asal atau timbulnya risiko yang dapat berupa material, yang digunakan dalam proses kerja, peralatan kerja, kondisi area kerja dan perilaku dari pekerja.

2. Probabilitas

Merupakan besaran kemungkinan timbulnya risiko. Ditentukan dengan menganalisis frekuensi bahaya terhadap para pekerja, jumlah dan karakteristik bahaya yang terpapar pada pekerja, jumlah dan karakteristik pekerja yang terkena dampak bahaya,

kondisi area kerja, kondisi peralatan kerja, serta efektifitas tindakan pengendalian bahaya yang telah dilakukan sebelumnya. Faktor probabilitas juga berkaitan dengan faktor perilaku pekerja dikarenakan kurangnya pengetahuan dan kesadaran terhadap bahaya dan sumber risiko yang ada dalam proses kerja dan di tempat kerjanya atau stres yang dialami pekerja yang berpengaruh dalam penurunan konsentrasi pekerja.

3. Konsekuensi

Merupakan besaran dampak yang ditimbulkan dari risiko. Ditentukan dengan analisis atau kalkulasi statistik berdasarkan data-data yang terkait atau melakukan estimasi subjektif berdasarkan pengalaman terdahulu.

Pengertian Kecelakaan Kerja

Hinze (1997) mendefinisikan kecelakaan sebagai sesuatu yang tidak terencana, tidak terkendali, dan tidak diinginkan yang mengacaukan fungsi-fungsi normal dari seseorang dan dapat mengakibatkan luka pada seseorang. Reason (1997) mendefinisikan kecelakaan menjadi dua yaitu kecelakaan individual dan kecelakaan organisasi. Kecelakaan kerja menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja RI nomor 3 tahun 1998 adalah Suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak diduga semula yang dapat menimbulkan korban manusia dan atau harta benda.

Sektor konstruksi merupakan salah satu industri yang rawan terhadap kecelakaan kerja karena karakteristiknya yang berbahaya, lokasi kerja yang berbeda-beda, terbuka serta dipengaruhi cuaca, waktu pelaksanaan yang terbatas, dan menuntut ketahanan fisik yang tinggi, serta banyak melibatkan tenaga kerja yang sangat variatif, mulai dari yang kurang berpendidikan sampai dengan yang berpendidikan sangat tinggi. Sistem manajemen keselamatan kerja yang lemah menghadapkan pekerja dengan risiko yang tinggi pada setiap pelaksanaan konstruksi. Kecelakaan kerja pada proyek

konstruksi dapat disebabkan oleh pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi, mulai dari pihak manajemen sampai dengan pekerja lini depan. Untuk memperkecil risiko terjadinya kecelakaan kerja pada awal tahun 1980 pemerintah mengeluarkan peraturan khusus keselamatan kerja untuk sektor konstruksi yaitu Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi nomor 1 tahun 1980.

Heinrich (1931) mengajukan teori penyebab kecelakaan yang di namakan Teori Domino yakni ~~dia percaya~~ bahwa pada setiap kecelakaan yang menimbulkan cedera, terdapat lima faktor yang secara berurutan yang di gambarkan sebagai lima domino yang berdiri sejajar yaitu: kebiasaan, kesalahan seseorang, perbuatan dan kondisi yang tidak aman (hazard), kecelakaan serta cedera. Heinrich mengemukakan gagasannya tentang teori tersebut setelah melakukan kajian terhadap data santunan asuransi kecelakaan. Hasil dari kajian itu membuktikan bahwa dari 100 % kecelakaan yang terjadi, 88 % disebabkan oleh perilaku yang tidak aman, 10 % oleh situasi yang tidak aman, dan 2 % karena hal yang tidak dapat dirinci.

Menurut Frank Bird (1967):

"an accident is an undesired event that result in harm to people or damage to propert or loss to process. It is usually the result of a contact with a source of energy (chemical, electrical, acoustical, thermal,mechanical etc).

Menurut Teori Domino (Heinrich), sebuah peristiwa kecelakaan yang terjadi terlihat seperti barisan domino. Sebuah domino yang jatuh akan menyebabkan domino yang lain di depannya akan jatuh pula secara cepat. Barisan domino tersebut adalah faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya suatu kecelakaan sampai terjadinya injuri. Setiap faktor yang ada sangat bergantung dari faktor yang mendahuluinya. Teori tersebut yang kemudian dikembangkan oleh Frank Bird yang menggolongkan sebab langsung (*immediate cause*) dan faktor dasar (*basic cause*). Penyebab langsung kecelakaan adalah pemicu langsung yang menyebabkan terjadinya kecelakaan, misalnya terpeleset karena ada ceceran minyak di lantai. Penyebab tidak

langsung (*basic cause*) merupakan faktor yang ikut menyumbang terhadap kejadian tersebut, misalnya dalam kasus terpeleset tersebut adalah adanya bocoran atau tumpahan bahan, kondisi penerangan yang tidak baik, buru-buru atau kurangnya pengawasan di lingkungan kerja. Sebab langsung hanyalah sekedar gejala bahwa ada yang tidak baik dalam organisasi yang mendorong terjadinya kondisi tidak aman. Oleh karena itu, dalam konsep pencegahan kecelakaan, adanya penyebab langsung harus dievaluasi secara mendalam untuk mengetahui faktor dasar yang ikut mendorong terjadinya kecelakaan.

Di samping faktor manusia, ada faktor lain yaitu ketimpangan sistem manajemen seperti perencanaan, pengawasan, pelaksanaan, pemantauan dan pembinaan. Dengan demikian penyebab kecelakaan tidak selalu tunggal penyebabnya melainkan *multiple causes* sehingga penanganannya harus terencana secara komprehensif dan menyeluruh.

Pencegahan Kecelakaan Kerja

Upaya pencegahan kecelakaan dapat dilakukan dengan sederhana yaitu dengan menghilangkan faktor penyebab terjadinya kecelakaan. Akan tetapi, kenyataan yang dihadapi di lapangan tidak semudah seperti yang dibayangkan. Karena ini berkaitan dengan perubahan budaya dan perilaku. Banyak faktor yang menghambat, seperti kurangnya pengetahuan dan kesadaran pekerja, kurangnya sarana dan prasarana, belum adanya budaya tentang K3, komitmen dari pihak manajemen yang kurang dan lain-lain.

Pencegahan Kecelakaan Kerja menurut ILO (1983) Seperti diketahui selama ini bahwa upaya keselamatan dan kesehatan kerja adalah upaya pencegahan kecelakaan. Salah satu yang dikemukakan oleh ILO (1983) bahwa untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan di tempat kerja perlu dibuat dan diadakan:

1. Peraturan-peraturan yaitu peraturan perundang-undangan yang bertalian dengan syarat-syarat kerja umum, perencanaan,

konstruksi, perawatan, pengawasan, pengujian dan pemakaian peralatan industri, kewajiban pengusaha dan pekerja, latihan, pengawasan kesehatan kerja, pertolongan pertama pada kecelakaan dan pengujian kesehatan.

2. Standarisasi, yaitu penetapan standar-standar teknis, misalnya konstruksi yang memenuhi keselamatan jenis-jenis peralatan industri tertentu, praktek-praktek keselamatan dan higiene umum, atau alat pelindung diri.
3. Pengawasan, yaitu pengawasan tentang dipatuhinya ketentuan peraturan perundang-undangan yang diwajibkan di tempat-tempat kerja tertentu yang mungkin atau sering mengalami kecelakaan kerja
4. Penelitian bersifat teknis yang meliputi sifat dan ciri-ciri bahan-bahan berbahaya, penyelidikan tentang pagar pengaman, pengujian, tentang alat-alat pelindung diri, penelitian tentang pencegahan debu dan peledakan gas, penelaahan bahan dan disain yang paling tepat untuk alat angkut.
5. Riset medis, meliputi penelitian tentang efek fisiologis dan patologis, faktor-faktor lingkungan dan teknologis, keadaan fisik yang mengakibatkan kecelakaan.
6. Penelitian secara statistik, untuk menetapkan jenis-jenis kecelakaan yang terjadi dan jumlahnya, siapa saja yang terkena, dalam pekerjaan apa dan apa penyebabnya.
7. Pendidikan, menyangkut pendidikan keselamatan dan kurikulum teknik, sekolah-sekolah perniagaan atau kursus-kursus pertukangan.
8. Latihan-latihan, yaitu latihan praktek bagi tenaga kerja yang baru, dalam keselamatan kerja.
9. Persuasi, yaitu penggunaan aneka cara penuluhan atau pendekatan lain secara pribadi untuk menumbuhkan sikap

selamat dan juga rotasi pekerjaan untuk pekerja-pekerja yang ada masalah.

10. Asuransi, yaitu insentif finansial untuk meningkatkan pencegahan kecelakaan karena menimbulkan rasa aman dalam bekerja dan erasa dihargai/diperhatikan.

Pencegahan kecelakaan kerja juga disampaikan dalam Hirarki control HSE UK 2005. Hirarki kontrol sederhana ini dipakai untuk mengelola dan menentukan peralatan / perlengkapan yang dipakai dalam bekerja di ketinggian (HSE UK 2005).



Gambar 3.1 Hirarki kontrol (HSE UK, 2005)

Workplace Safety and Health Council Singapura berkolaborasi dengan Kementerian Tenaga Kerja Singapore (2008) hirarki kontrol risiko dalam bekerja di ketinggian adalah sebagai berikut:

1. Eliminasi

Menghilangkan kebutuhan untuk bekerja di ketinggian adalah cara yang paling efektif untuk memastikan orang tidak jatuh dari ketinggian. Dengan memindahkan pekerjaan dengan dilakukan di lantai bawah, misalnya: fabrikasi atap dilakukan di lantai bawah, melakukan pengecatan atap dengan memperpanjang tongkat kuasanya. Apabila eliminasi tidak dapat dilakukan maka perlu dipikirkan untuk mengurangi tingkat Risikonya.

2. Substitusi

Melakukan pekerja dengan Sistem Pencegahan Jatuh. Sistem pencegahan jatuh adalah material atau peralatan, atau kombinasi dari keduanya yang di desain dan ditujukan untuk mencegah jatuhnya orang. Misalnya: Scaffold, Mast Climbing work platform dan aerial working platform. Apabila tidak bisa dilakukan kontrol lain.

3. *Engineering* kontrol

Penggunaan engineering kontrol seperti barriers dan guardrails dapat juga meningkatkan keselamatan dalam bekerja di ketinggian. Barikade / guardrail efektif digunakan dalam menutup area lubang terbuka, pinggiran bangunan dll. Akses jalan dan jalan keluar yang layak harus disediakan agar pekerja dapat melakukan mobilisasi alat atau material yang diperlukan dengan aman. Dengan menyesuaikan perlengkapan untuk mengurangi risiko seperti penggunaan hoist builder untuk mengangkat beban berat. Jika hal ini tidak praktis, maka dapat dilakukan pengendalian

4. Administrasi

Administrasi kontrol untuk mengurangi dan menghilangkan exposures terhadap bahaya dengan di taatinya prosedur atau instruksi kerja, misalnya: Ijin kerja dan prosedur kerja aman, rotasi kerja untuk mengurangi risiko pekerja dari kondisi cuaca yang buruk. Jikalau ini tidak praktis,

5. Alat Pelindung Diri

Untuk pilihan yang paling akhir Alat pelindung diri digunakan dan dapat di kombinasikan dengan kontrol yang lain akan menambah tingkat keselamatan pekerja. Misalnya: travel restraint system, Individual fall arrest system, dan alat pelindung diri yang lain seperti sepatu anti slip, sarung tangan, kacamata pelindung, helm.

Dalam buku *Fundamental of Industrial Higiene*, Barbara A. Plog Menjelaskan mengenai adanya hirarki kontrol, tahapan kontrol ini

harus dilakukan secara berurutan, setelah kontrol yang pertama dilakukan tidak bisa menghilangkan secara penuh bahaya di area kerja baru dilakukan pengontrolan tahap selanjutnya. Tahapan kontrol (*Hierarchy of Control*) tersebut adalah:

Engineering Control; adalah pengendalian bahaya dengan melakukan modifikasi pada faktor lingkungan kerja selain pekerja. Engineering control ini juga memiliki tahapan, yaitu:

1. Eliminasi, adalah proses menghilangkan bahaya dari area kerja, atau menciptakan kondisi dimana pekerja tidak akan berinteraksi dengan bahaya, sama sekali tidak ada aktifitas pekerjaan yang melibatkan bahaya.
2. Substitusi adalah proses penggantian dari sesuatu yang berbahaya menjadi yang kurang berbahaya. Substitusi bisa dilakukan pada material yang digunakan, proses yang dilakukan, dan peralatan yang digunakan.
3. Isolasi adalah mengurangi interaksi hazard dengan lingkungan dan pekerja. Beberapa hal yang termasuk isolasi, antara lain memindahkan sumber bahaya ke lokasi lain, menutup sumber bahaya dengan barrier fisik, melakukan otomatisasi pada proses, memisahkan tempat penyimpanan bahan berbahaya dalam lokasi yang berbeda.
4. Minimalisasi adalah mengurangi jumlah bahan berbahaya yang disimpan, mengurangi jenis bahan berbahaya yang disimpan, mengurangi jumlah lokasi kerja yang berbahaya.

Administrative Control; adalah pengendalian bahaya dengan melakukan modifikasi pada faktor interaksi antara lingkungan kerja dengan pekerja. Administratif kontrol dilakukan, apabila paparan tidak bisa dikurangi hingga ke level yang diizinkan (aman) melalui engineering control. Beberapa contoh program administratif kontrol antara lain:

1. Pelatihan
2. Monitoring berkelanjutan terhadap area kerja
3. Biological monitoring kepada pekerja
4. Pembatasan dan rotasi jam kerja maupun lokasi kerja kepada setiap individu Kebersihan lingkungan kerja

Personal Protective Equipment; adalah pengendalian bahaya dengan memberika alat pelindung diri kepada para pekerja. Alat Pelindung Diri digunakan apabila didapatkan bahwa lokasi kerja tidap dapat benar- benar aman, penggunaan alat pelindung diri berada pada hirarki terakhir apabila *engineering* kontrol dan administrative kontrol sudah dilakukan, namun belum menciptakan area kerja yang benar-benar terbebas dari *hazard*.

Tujuan penggunaan Alat pelindung diri bukan untuk menghilangkan atau mengurangi bahaya (*hazard*), APD hanya berfungsi sebagai pembatas antara pekerja dengan bahaya yang ada di lingkungan.



BAB IV

PROYEK KONSTRUKSI

Pengertian Proyek Konstruksi

Ferdy dan Yudi (2008) menjelaskan bahwa Industri Konstruksi merupakan lapangan pekerjaan yang memiliki potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja, yang mana kecelakaan kerja ini juga dapat menimbulkan kerugian terhadap pekerja dan juga kontraktor. Pekerja konstruksi sangat berbeda karakteristiknya dengan pekerja di sektor industri atau pekerjaan formal lainnya. Salah satu karakteristik pekerja konstruksi adalah mobilitasnya yang sangat tinggi dan cenderung tidak terikat dalam satu perusahaan tertentu.

Menurut Gould (2002) mendefinisikan proyek konstruksi sebagai suatu kegiatan yang bertujuan untuk mendirikan suatu bangunan yang membutuhkan sumber daya baik biaya, tenaga kerja, material, dan peralatan. Sumber daya konstruksi ini lebih dikenal dengan 4 M (*Man, Machine, Material, and Money*). Proyek konstruksi dilakukan secara detail dan tidak berulang.

Jenis dan Karakteristik Proyek Konstruksi

Jenis proyek konstruksi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Proyek konstruksi bangunan gedung
Adalah proyek konstruksi yang menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal. Proyek konstruksi bangunan gedung meliputi rumah, kantor, pabrik, apartemen, dan sebagainya.
2. Proyek konstruksi non-gedung (Bangunan Sipil)
Proyek konstruksi yang digunakan untuk mengendalikan alam agar berguna bagi kepentingan manusia. Proyek bangunan sipil meliputi infrastruktur jalan, jembatan, dan bangunan air.

Karakteristik proyek konstruksi dapat dipandang dalam tiga dimensi, yaitu unik, melibatkan sejumlah sumber daya dan membutuhkan organisasi. Kemudian, proses penyelesaiannya harus berpegang pada tiga kendala (*triple constraint*), yaitu sesuai spesifikasi mutu yang ditetapkan, sesuai dengan waktu (*time schedule*), dan biaya yang direncanakan. Ketiganya diselesaikan secara simultan (Ervianto, 2004).

Ciri pokok dari proyek adalah:

1. Memiliki tujuan yang khusus, produk akhir atau hasil kerja akhir yang jelas.
2. Jumlah biaya, criteria mutu dalam proses mencapai tujuan di atas telah ditentukan.
3. Mempunyai awal kegiatan dan mempunyai akhir kegiatan yang telah ditentukan atau mempunyai jangka waktu
4. Rangkaian kegiatan hanya dilakukan sekali (non rutin), tidak berulang-ulang, sehingga menghasilkan produk yang bersifat unik (tidak identik tapi sejenis).
5. Jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

Konstruksi Beton Bertulang

Beton merupakan bahan gabungan yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen dan air dengan atau tanpa zat additive dengan perbandingan tertentu yang kemudian mengeras dan mempunyai bentuk yang relatif tetap (Mulyono, 2004). Pekerjaan beton bertulang hampir selalu mendominasi pekerjaan struktur untuk berbagai jenis proyek konstruksi mulai dari proyek jalan dan jembatan, bangunan air, dan bangunan gedung dan peruntukannya hampir untuk semua bagian konstruksi mulai dari fondasi, balok struktur (balok *sloof* dan balok induk), tangga, balok non struktur sampai atap. Pekerjaan beton bertulang meliputi pekerjaan cetakan beton (*begesting*), pembesian, dan pengecoran. Dari aspek perencanaan struktur relatif mudah karena sudah banyak dikembangkan metode analisis berbasis IT. Namun dalam pelaksanaan di lapangan sangat kompleks dan mengandung risiko kecelakaan dan sakit akibat kerja yang tinggi.

Pelaksanaan pekerjaan beton melibatkan tenaga kerja dalam jumlah yang besar mulai dari yang berpendidikan tinggi sampai yang putus sekolah bahkan ada yang sama sekali tidak pernah menduduki bangku sekolah; memiliki latar belakang ekonomi dari yang tidak mampu hingga yang sangat mampu; menggunakan alat berat (*crane, truck mollen, concrete pump, vibrator, banding machine, bar cutter*) maupun alat tangan (*gergaji potong/belah, sekop, cangkul dan palu*) yang mengandung risiko tinggi terhadap terjadinya kecelakaan kerja; dan material berbahaya seperti semen dan bahan kimia lainnya seperti *retarder, rapider, dan waterproofer* yang berisiko tinggi terhadap terjadinya penyakit akibat kerja. Risiko kecelakaan dan sakit akibat kerja dalam pelaksanaan pekerjaan beton bertulang ini diperparah dengan adanya kondisi stasiun kerja yang tidak ergonomis, yaitu kondisi kerja yang didesain tanpa mempertimbangkan keselamatan dan kesehatan pekerja. Hasil kajian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa di semua tahapan pelaksanaan pekerjaan beton bertulang mulai dari pekerjaan *begesting*, pembesian, dan pengecoran

beton mengandung hazard ergonomi yang berpotensi menumbulkan keluhan MSDs. Hasil analisis menunjukkan bahwa sikap kerja disetiap tahapan pelaksanaan pekerjaan beton bertulang memiliki *RULA score* 7 (tujuh) yang berarti memiliki risiko MSDs yang sangat tinggi (Sudiajeng, 2018). Kondisi tersebut tentu dapat menyebabkan produktivitas kerja rendah dan mengancam derajat kesehatan kerja. Oleh karena itu sangat penting untuk memahami dan menerapkan kaidah ergonomi untuk keselamatan dan kesehatan kerja konstruksi.

ERGONOMI UNTUK K₃L

Konsep Ergonomi

Kata ergonomi -»ilmu kerja« berasal dari bahasa Yunani *ergon* (kerja) dan *nomos* (hukum). Ergonomi (atau faktor manusia) adalah disiplin ilmu yang berkaitan dengan pemahaman interaksi antara manusia dan elemen lain dari suatu sistem, dan profesi yang menerapkan teori, prinsip, data, dan metode untuk merancang produk atau sistem secara utuh dengan mengoptimalkan dan memprioritaskan kesejahteraan manusia (Mulyono, 2004; Tarwaka dkk, 2004). Penerapan ergonomi meningkat dengan pesat, tidak hanya dalam skala mikro, tetapi sudah meluas dalam skala makro. Makro ergonomi adalah suatu desain organisasi dan sistem kerja yang dirancang melalui suatu pendekatan holistik atas dasar interaksi antara manusia mesin, pengguna dan sistem, manusia dan lingkungan dengan menempatkan teknologi baru ke dalam satu kesatuan sistem yang utuh” (IEA, 2020).

Pendekatan ergonomi dilakukan melalui kajian dari berbagai aspek secara *Systemic, Holistic, Interdisciplinary, and Participatory (SHIP)* dengan menerapkan Teknologi Tepat Guna melalui kajian teknis, ekonomis, ergonomis, sosial budaya, ramah lingkungan dan hemat energi (Manuaba, 2006). Dengan menerapkan ilmu ergonomi dalam melakukan inovasi desain alat bantu kerja yang

mengedepankan kelebihan, keterbatasan, dan kebolehan pekerja, maka dapat dihasilkan Teknologi Tepat Guna (TTG) yang manusiawi, ramah lingkungan, hemat energi tanpa meninggalkan ciri khas kondisi sosial-budaya setempat. Konsep inilah yang akan diterapkan dalam melakukan inovasi alat bantu kerja untuk pelaksanaan pekerjaan pembesian balok beton bertulang yang diusulkan dalam kajian ini, dengan mengacu pada Permenaker nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja (K3L).

Ergonomi untuk K3L

Perkembangan dan penerapan konsep ergonomi di Indonesia relatif lebih lambat dibandingkan di negara tetangga seperti Malaysia dan Singapore. Sampai saat ini program S1 Ergonomi di Indonesia masih belum ada, termasuk di Perguruan Tinggi besar seperti UI, ITB, UGM, ITS. Ergonomi baru merupakan mata kuliah atau pilihan konsentrasi di bawah Program Studi Teknik Industri atau Fakultas Kedokteran. Sementara satu-satunya program Magister Ergonomi – fisiologi kerja baru ada di Universitas Udayana dan Untuk Program S3 baru merupakan pilihan konsentrasi di bawah fakultas Kedokteran Universitas Udayana. Persatuan Ergonomi Indonesia telah terbentuk sejak Tahun 1987 dan terus berkembang sampai saat ini. Berbagai upaya telah dilakukan untuk menyosialisasikan tentang pentingnya penerapan ergonomi untuk K3 Industri di berbagai bidang, termasuk berkoordinasi dengan Kementerian Tenaga Kerja RI. Sebagai hasilnya, telah terbit kemenaker No. 5 Tahun 2018 tentang K3L dimana di dalamnya dibahas secara terperinci penerapan ergonomi dalam menciptakan lingkungan kerja yang dapat menjamin keselamatan dan kesehatan kerja serta meningkatkan produktivitas kerja, yaitu di bagian kelima tentang “Faktor Ergonomi”, pasal 23 yang terdiri dari 5 ayat yang dilengkapi dengan uraian standar ergonomi secara terperinci dan lengkap (Standar nomor 6, Standar Faktor Ergonomi, halaman 150 s.d 2004). Standar Faktor Ergonomi meliputi:

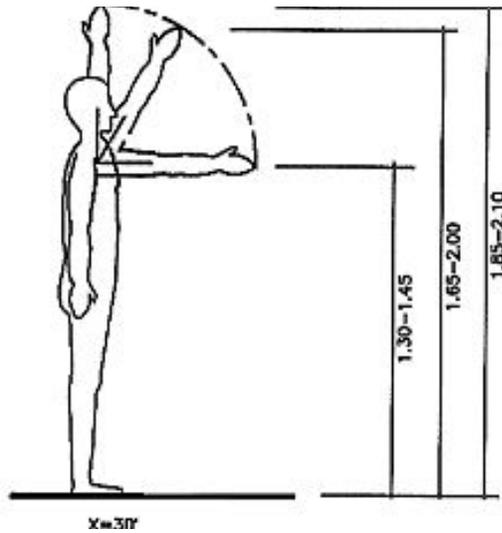
1. Standar pengukuran, pengolahan dan Penggunaan Data Antropometri (halaman 150 s.d 166);
2. Desain stasiun kerja (halaman 166 s.d 181);
3. Desain *manual handling* di tempat kerja (halaman 181 s.d 186);
4. Penilaian batas beban angkat aman aan Indeks angkat objek (halaman 186 s.d 204).

Apabila standar faktor ergonomi ini diterapkan dengan benar dalam proses desain dan produk, maka dapat diyakini bahwa keselamatan dan kesehatan kerja lebih terjamin, proses kerja dapat dilakukan dengan cepat, tepat, dan produktif yang pada akhirnya bermuara pada peningkatan kesejahteraan pekerja dan perusahaan.

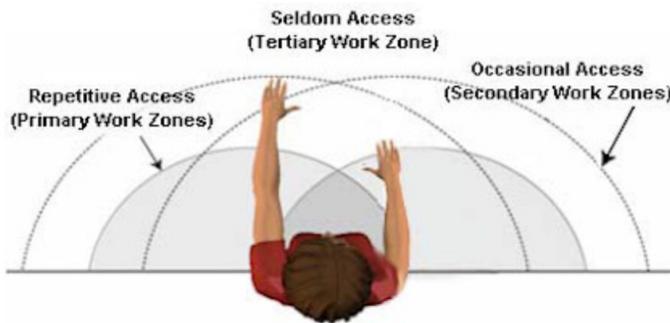
Aspek Ergonomi untuk Perancangan Stasiun Kerja

Terdapat beberapa aspek ergonomi yang perlu diperhatikan dalam perancangan stasiun kerja adalah sebagai berikut:

1. Ruang Gerak (*clearance*)
Penempatan bahan dan alat bantu kerja diatur sedemikian rupa agar pekerja mempunyai ruang gerak yang optimal. Ruang gerak yang direkomendasikan adalah 2 (dua) m²/orang.
2. Jangkauan (*reach*)
Penempatan bahan dan alat bantu kerja harus disesuaikan dengan panjang jangkauan lengan maksimal untuk persentil-5 sehingga pekerja dapat melakukan tugasnya dengan sikap kerja alamiah serta tidak membutuhkan pengerahan tenaga otot yang berlebihan (*over exertion*). Ruang gerak yang direkomendasikan sebagaimana dilustrasikan pada Gambar 5.1. dan 5.2.



Gambar 5.1. Jangkauan lengan horizontal



Gambar 5.2. Jangkauan lengan vertikal

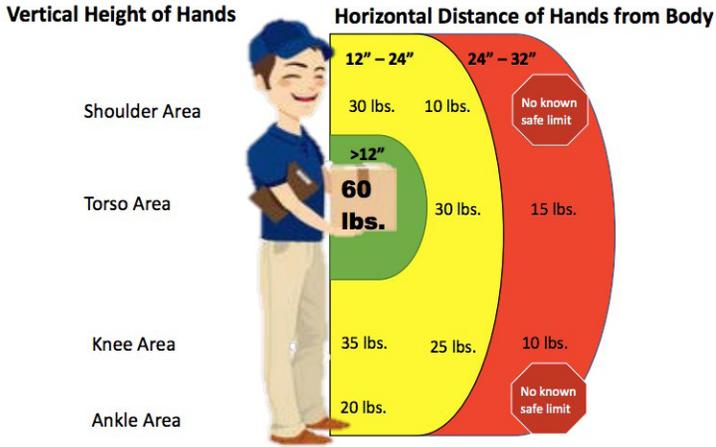
3. Kekuatan (*Strength*)

Bahan angkat-angkut harus disesuaikan dengan kapasitas/ kekuatan pekerja yang sangat dipengaruhi oleh:

- a. Durasi angkat;
- b. Zona angkat vertikal;
- c. Zona angkat horizontal; dan
- d. Frekuensi angkat-angkut.

Kapasitas angkat angkut dilustrasikan sebagaimana disajikan pada Gambar 5.3

Recommended Lifting Limits: ACGIH TLV for Moderately Frequent Lifting*
 > 2 hours/day with > 12 and ≤ 30 lifts/hour



Gambar 5.3. Kapasitas angkat-angkut

Sikap Kerja Pekerjaan Pembesian Balok Beton Bertulang

Hasil kajian pada pelaksanaan praktik kerja beton bertulang di Bengkel Teknik Sipil PNB tahun 2018 (Sudijeng, 2018) menunjukkan bahwa sikap kerja mahasiswa dalam pelaksanaan pekerjaan pembesian beton bertulang didominasi oleh sikap kerja jongkok asimetris dan membungkuk sebagaimana disajikan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4. Sikap kerja dalam pelaksanaan pekerjaan pembesian di Bengkel Beton Jurusan Teknik Sipil PNB (Sudijeng, 2018)

Hasil analisis RULA menunjukkan bahwa *RULA score* adalah 7 yang berarti mempunyai risiko terjadinya keluhan MSDs yang sangat tinggi dan perlu perbaikan kondisi kerja dengan segera. Berdasarkan

hasil kajian tersebut akan dilakukan inovasi ergonomi berupa alat bantu meja kerja yang portable, pflexible, dan murah sehingga pekerja/mahasiswa terkondisi untuk melakukan tugasnya dengan sikap kerja berdiri alamiah, risiko kecelakaan dan sakit akibat kerja dapat ditekan, budaya K3 terbangun dan pada akhirnya produktivitas meningkat. Sikap kerja berdiri tercipta dengan sendirinya karena tersedia meja kerja yang didesain secara ergonomis berdasarkan kaidah ergonomi untuk sikap kerja berdiri (Bridger, 2003), sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 5.5 dan 5.6 berikut ini.



Gambar 5.5. Alat bantu kerja pembesian berupa tetrapot sebagai meja kerja



Gambar 5.6. Sikap kerja berdiri terkondisi karena tersedia meja kerja

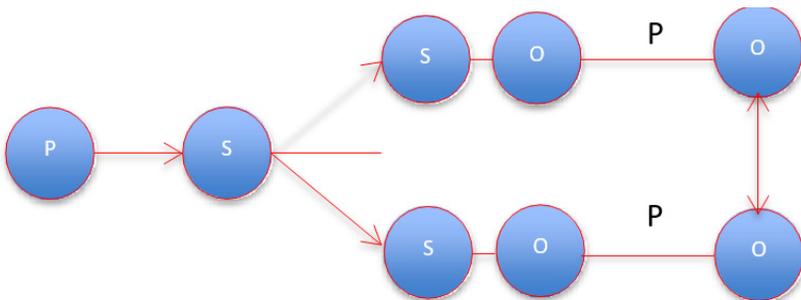
Gambar 5.5. dan 5.6. menunjukkan bahwa tersedianya alat bantu kerja berupa tetrapot yang didesain berdasarkan ukuran tubuh pekerja maka dengan sendirinya akan tercipta sikap kerja alamiah yang tidak membutuhkan pengerahaan tenaga otot berlebihan, sehingga risiko MSDs dapat ditekan. Dengan mengadopsi praktik tersebut, dalam kajian ini akan didesain prototype alat bantu kerja tetrapot yang didesain berdasarkan antropometri pekerja/mahasiswa peserta mata kuliah praktik beton bertulang.

BAB VI

INSTRUKSI PENGGUNAAN ALAT ERGONOMIS

Rancangan Kajian Alat Ergonomis

Kajian penulis dilaksanakan dengan menggunakan rancangan eksperimen dengan metode *Control Group Design*. Subjek terdiri dari 2 (dua) kelompok, yaitu kelompok kontrol yang melakukan pelaksanaan pekerjaan pembesian balok dengan kondisi kerja lama sebelum dilakukan intervensi ergonomi (P1) dan kelompok perlakuan (P2) yang melakukan pelaksanaan pekerjaan pembesian balok dengan kondisi kerja baru setelah dilakukan intervensi ergonomi sebagaimana disajikan pada Gambar 6.1 berikut ini.



Gambar 6.1. Rancangan Kajian

Keterangan :

- P : Populasi terjangkau, yaitu mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Peserta mata kuliah praktek kerja beton tahun ajaran 2020-2021;
- S : Subjek terpilih, 1 kelas peserta praktek kerja beton bertulang semester genap 2020-2021 (kurang lebih 28 orang);
- S1 : Subjek kelompok Kontrol (kurang lebih 14 orang), melakukan praktek kerja beton bertulang dengan kondisi lama sebelum intervensi ergonomi;
- S2 : Subjek kelompok Perlakuan (kurang lebih 14 orang), melakukan praktek kerja beton bertulang dengan kondisi baru setelah intervensi ergonomi;
- P1 : Kondisi kerja lama sebelum intervensi ergonomi;
- P2 : Kondisi kerja baru setelah intervensi ergonomi;
- O1 : Pengukuran data P1 sebelum mulai bekerja yang meliputi :
 1. Beban kerja fisik sebelum bekerja (denyut nadi);
 2. Tingkat keluhan MSDs sebelum bekerja;
 3. Tingkat kelelahan fisik sebelum bekerja.
- O2 : Pengukuran data P1 setelah selesai bekerja yang meliputi :
 1. Beban kerja fisik setelah bekerja (denyut nadi akhir);
 2. Tingkat keluhan MSDs setelah bekerja;
 3. Tingkat kelelahan fisik sebelum bekerja;
 4. Produktivitas kerja.
- O3 : Pengukuran data P2 sebelum mulai bekerja yang meliputi :
 1. Beban kerja fisik sebelum bekerja (denyut nadi);
 2. Tingkat keluhan MSDs sebelum bekerja; dan
 3. Tingkat kelelahan fisik sebelum bekerja.
- O4 : Pengukuran data P2 setelah selesai bekerja yang meliputi :
 1. Beban kerja fisik setelah bekerja (denyut nadi akhir);
 2. Tingkat keluhan MSDs setelah bekerja;
 3. Tingkat kelelahan fisik sebelum bekerja; dan
 4. Produktivitas kerja.

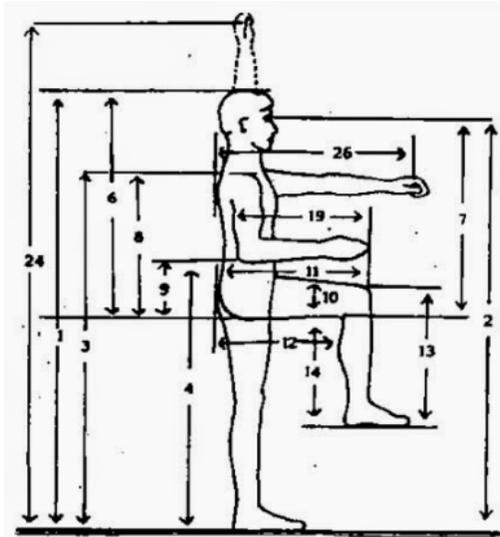
Pengukuran data P1 dan P2 dilakukan selama 3 hari berturut-turut.

Kajian dilaksanakan selama 6 (enam) bulan, mulai awal April s.d. akhir September 2020. Untuk inovasi alat bantu kerja dilakukan di bengkel Jurusan Teknik Mesin PNB dan untuk pengukuran data sebelum dan setelah mulai bekerja baik kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan dilakukan di bengkel beton bertulang Jurusan Teknik Sipil PNB.

Prosedur dalam merancang alat ergonomis dibutuhkan dengan beberapa data, diantaranya adalah:

1. Data antropometri

Pengambilan data antropometri dilakukan untuk semua subjek terpilih dengan mengukur setiap bagian tubuh untuk sikap kerja berdiri sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 6.2. berikut ini.



Gambar 6.2. Bagian antropometri tubuh untuk sikap kerja berdiri

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut selanjutnya didesain ukuran alat bantu kerja berupa tetrapot sebagai meja kerja pekerjaan pembesian balok beton bertulang.

2. Data Denyut nadi awal dan denyut nadi akhir

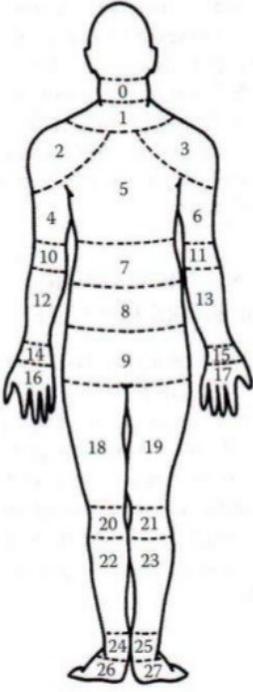
Pengukuran denyut nadi dilakukan secara manual dengan alat bantu stop watch. Untuk denyut nadi awal dilakukan dengan menghitung jumlah denyut nadi palpasi selama 10 detik, sedangkan untuk denyut nadi akhir diukur dengan menghitung waktu untuk 10 denyut.

3. Data tingkat keluhan MSDs

Data keluhan MSDs dihitung dengan alat bantu kuesioner Nordic Body Map sebagaimana disajikan pada Gambar 6.3. berikut ini.

NORDIC BODY MAP QUESTIONAIRE

Anda diminta untuk menilai apa yang anda rasakan pada bagian tubuh yang ditunjukkan pada gambar. Apakah bagian tubuh yang sudah diberikan nomor tersebut tidak terasa sakit (pilih A), sedikit sakit(pilih B), sakit (pilih C) dan sangat sakit (pilih D). Pilih dengan memberikan tanda √ pada kolom huruf pilihan anda.

No.	Lokasi	Tingkat Kesakitan				Peta Bagian Tubuh
		A	B	C	D	
0	Sakit / kaku pada leher atas					
1	Sakit pada leher bawah					
2	Sakit pada bahu kiri					
3	Sakit pada bahu kanan					
4	Sakit pada lengan atas kiri					
5	Sakit pada punggung					
6	Sakit pada lengan atas kanan					
7	Sakit pada pinggang					
8	Sakit pada pantat (buttock)					
9	Sakit pada pantat (bottom)					
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 peergelangan kaki kiri					
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan					
26	Sakit pada kaki kiri					
27	Sakit pada kaki kanan					

Gambar 6.3. Kuesioner Nordic Body Map (Permenaker, 2018)

4. Data tingkat kelelahan

Pengukuran data tingkat kelelahan dilakukan dengan alat bantu kuesioner Physiological Rating of Human Fatigue (Stanford, 2016), yang terdiri dari 3 (tiga kelompok pertanyaan yaitu tentang pelemahan kegiatan, pelemahan motivasi, dan kelelahan fisik. Pengukuran dilakukan secara subyektif dengan menggunakan 4 skala lickert.

5. Data Produktivitas

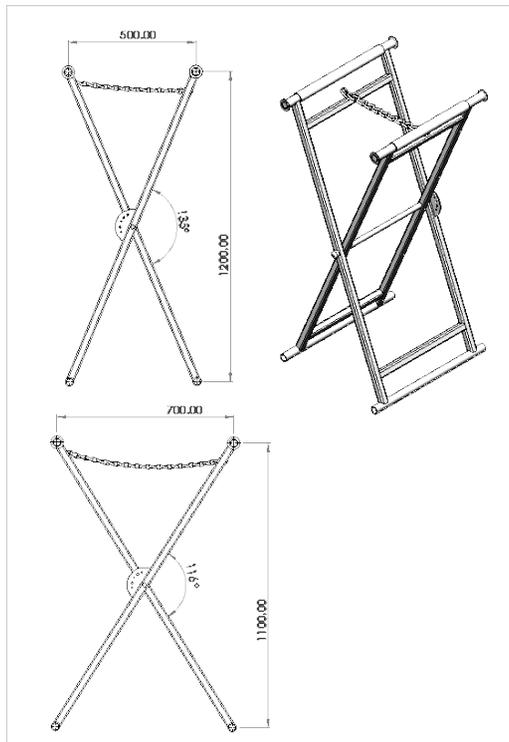
Pengukuran produktivitas dilakukan secara parsial dengan input adalah hasil perhitungan volume pelaksanaan pekerjaan pembesian balok beton dalam satuan kg yang dapat dilaksanakan dalam periode waktu kerja/hari dan sebagai output adalah tingkat beban kerja fisik yang diukur melalui indikator denyut nadi akhir atau denyut nadi kerja.

Setelah didapatkan data, dilakukan analisis mendalam guna mengolah data yang diperoleh. Adapun analisis yang dilakukan penulis adalah:

1. Analisis deskriptif untuk memberikan gambaran secara deskriptif dari semua data kajian yang dinyatakan dalam bentuk frekuensi, rerata, simpangan baku, presentase perubahan dari data denyut nadi, keluhan MSDs, kelelahan dan produktivitas.
2. Uji normalitas data untuk melihat distribusi data tiap kelompok dengan menggunakan uji *Shapiro Wilk* terhadap data denyut nadi, keluhan MSDs, kelelahan dan produktivitas.
3. Uji homogenitas data dilakukan untuk menilai tingkat homogenitas varian antar kelompok (homogen atau tidak homogen) yang dilakukan dengan uji *Levene Test* terhadap data denyut nadi, keluhan MSDs, kelelahan dan produktivitas.
4. Uji perbedaan antar kelompok pada Kelompok Kontrol (P1) dan Kelompok Perlakuan (P2), dimana :
 - a. Pengujian menggunakan *Independen – Samples T – Test* pada data berdistribusi normal
 - b. Pengujian menggunakan Uji *Mann Whitney* pada data yang tidak berdistribusi normal.

Perancangan, Pembuatan dan Pengadaan Alat Bantu

Hasil perancangan alat bantu kerja berupa tetrapot yang protable, fleksible, adjustable dan multi fungsi sebagaimana disajikan pada Gambar 6.1. Fungsi utama dari tetrapot ini adalah sebagai meja kerja perakitan pembeesian balok dan kolom struktur dengan dimensi panjang dan lebar maksimum 60 cm. Tinggi tetrapot dapat diatur sesuai dengan tingkat kenyamanan pengguna. Disamping sebagai meja kerja perakitan balok dan kolom, dalam posisi direbahkan juga dapat digunakan sebagai meja kerja perakitan plat dengan menambah papan kerja di atasnya. Tetrapot ini didesain berdasarkan ukuran antropometri mahasiswa, khususnya tinggi siku berdiri pada persentil 5 sebagaimana disajikan pada Tabel 6.1.



Gambar 6.4. Inovasi ergonomi Tetrapot berbasis antropometri pengguna

Tabel 6.1. Data antropometri subjek

No	Nama	Tinggi badan (cm)	Tinggi siku berdiri	Tinggi siku duduk	Tinggi duduk	Tinggi lutut duduk	Tinggi paha duduk	Panjang duduk	Panjang lengan ke depan	Panjang lengan atas	Panjang lengan bawah
1	Subjek 1	184	120	71	136	55	59	59	60	33	29
2	Subjek 2	162	101	66	124	49	52	54	51	32	24
3	Subjek 3	164	104	73	129	48	58	50	45	29	24
4	Subjek 4	174	112	70	133	57	60	57	64	33	28
5	Subjek 5	179	101	74	132	52	58	50	56	28	26
6	Subjek 6	170	110	76	127	50	56	48	52	23	27
7	Subjek 7	173	104	66	133	47	56	55	60	32	26
8	Subjek 8	175	107	66	127	53	59	55	56	30	28
9	Subjek 9	159	100	75	128	46	56	49	49	25	24
10	Subjek 10	164	102	71	132	47	55	50	54	27	27
11	Subjek 11	162	100	71	124	45	53	54	57	30	27
12	Subjek 12	156	100	73	121	44	52	46	50	27	23
13	Subjek 13	174	109	69	130	51	55	51	59	30	30
14	Subjek 14	181	111	68	133	53	60	58	62	32	28
15	Subjek 15	171	109	80	133	48	55	50	57	30	28
16	Subjek 16	166	100	67	124	51	58	52	56	30	24
17	Subjek 17	160	98	74	130	47	56	56	53	31	24
18	Subjek 18	168	101	69	130	50	55	53	56	28	28
19	Subjek 19	165	103	74	130	46	57	63	57	34	26

20	Subjek 20	159	100	74	124	49	59	49	53	29	25
21	Subjek 21	173	109	75	132	53	57	51	53	26	29
22	Subjek 22	153	93	66	120	43	53	48	49	28	25
23	Subjek 23	174	109	74	131	57	58	56	59	30	29
24	Subjek 24	154	94	75	127	45	55	50	50	23	26
25	Subjek 25	154	99	74	125	49	54	47	45	23	23
26	Subjek 26	173	110	73	133	47	54.5	50	53	28	28
27	Subjek 27	176	111	67	129	53	57	53	56	28	29
28	Subjek 28	167	105	59	122	49	56	58	57	34	24
29	Subjek 29	169.5	107	66	124	51	57	58	57	34	26
30	Subjek 30	156	98	68	125	51	53	45	50	27	23
31	Subjek 31	174	110	63	126	56	58	55	59	31	27
32	Subjek 32	170	108	71	131	55	56	53	58	33	26
33	Subjek 33	162	104	71	107	54	57	56	58	33	26
34	Subjek 34	173	110	71	132	59	61	53	56	29	27
35	Subjek 35	180	112	65	133	54	59	55	57	35	28
36	Subjek 36	163	102	68	126	54	57	54	56	32	26
37	Subjek 37	155	94	69	123	51	59	55	53	29	25
38	Subjek 38	156	96	74	126	53	59	57	51	28	27
39	Subjek 39	175	109	72	132	58	60	60	62	32	25
40	Subjek 40	163	105	70	128	53	57	51	50	29	25
41	Subjek 41	176	110	70	133	55	58	51	57	30	27

42	Subjek 42	181	112	65	133	57	60	56	56	29	27
43	Subjek 43	159	99	66	125	50	57	51	55	28	28
44	Subjek 44	170	107	72	123	53	56	50	57	30	27
45	Subjek 45	177	116	70	133	58	63	59	62	37	30
46	Subjek 46	170	108	69	129	53	55	55	55	28	25
47	Subjek 47	166	102	68	130	51	56	50	54	30	24
48	Subjek 48	163	105	65	127	52	54	52	56	33	25
49	Subjek 49	175	110	67	131	53	56	55	60	35	28
50	Subjek 50	183	118	69	134	60	63	64	61	35	30
51	Subjek 51	173	109	63	126	55	57	58	57	36	26
		168.23	105.35	69.84	128.16	51.57	56.89	53.43	55.41	30.12	26.41

Pengukuran Data Beban Kerja

Pengukuran beban kerja fisik dilakukan melalui indikator denyut nadi sebelum dan sesudah bekerja yang diukur secara manual melalui hitungan denyut nadi secara manual dan dengan menggunakan digital tensimeter sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.5. Sementara hasil pengukuran disajikan pada Tabel 6.2 dan 6.5.



Gambar 6.5. Pengukuran beban kerja fisik.

Tabel 6.2. Data Beban Kerja Fisik Kelompok Subjek I–Perlakuan 1

PERLAKUAN 1									
No.	Nama	Sudah Sarapan? (✓)		Barat Badan		Tekanan darah		Denyut nadi (denyut/ menit)	
		Sudah	Belum	sebelum bekerja	Setelah bekerja	Sebelum bekerja	Setelah bekerja	Sebelum bekerja	Setelah bekerja
				(Kg)	(Kg)				
1	Subjek 1	✓		72.1	71.6	134/84	123/73	89	76
2	Subjek 2		✓	86	85.5	132/79	122/75	70	81
3	Subjek 3		✓	79.4	78.7	137/72	128/99	89	84
4	Subjek 4		✓	71.8	71.4	155/67	135/75	70	78
5	Subjek 5	✓		97	97	144/74	131/53	62	55
6	Subjek 6	✓		74.2	74.1	129/85	140/88	83	88
7				80.08	79.72			77.17	77.00
Rata-rata					0.37				-0.17

Tabel 6.3. Data Beban Kerja Fisik Kelompok Subjek I–Perlakuan 2

PERLAKUAN 2									
No.	Nama	Sudah Sarapan? (✓)		Barat Badan		Tekanan darah		Denyut nadi (denyut/ menit)	
		Sudah	Belum	sebelum bekerja	Setelah bekerja	Sebelum bekerja	Setelah bekerja	Sebelum bekerja	Setelah bekerja
				(Kg)	(Kg)				
1	Subjek 1		✓	70.9	70.6	131/79	121/74	83	78
2	Subjek 2		✓	87.3	86.9	118/75	124/73	59	69
3	Subjek 3	✓		80	79.6	134/76	138/76	92	93
4	Subjek 4		✓	71.8	71.1	124/68	124/74	66	92
5	Subjek 5	✓		97	97	154/72	151/82	53	61
6	Subjek 6	✓		74	73.5	130/88	132/85	82	74
7				80.17	79.78			72.50	77.83
Rata-rata					0.38				5.33

Tabel 6.4. Data Beban Kerja Fisik Kelompok Subjek II–Perlakuan 1

PERLAKUAN 1									
No	Nama	Sudah Sarapan?		Barat Badan		Tekanan darah		Denyut nadi (denyut/ menit)	
		(✓)		sebelum bekerja (Kg)	Setelah bekerja (Kg)	Sebelum bekerja	Setelah bekerja	Sebelum bekerja	Setelah bekerja
		Sudah	Belum						
1	Subjek 1		✓	55.3	55.1	112/63	96/69	84	97
2	Subjek 2		✓	64.8	63.3	118/86	124/77	85	95
3	Subjek 3		✓	54.3	54	117/79	114/61	87	76
4	Subjek 4		✓	52.2	51.1	125/63	113/69	91	90
5	Subjek 5	✓		57.1	56.2	125/71	122/77	72	83
6	Subjek 6	✓		72.3	71.3	135/70	148/73	83	81
7	Subjek 7		✓	59.1	58.6	121/67	121/63	82	88
				59.30	58.51			83.43	87.14
		Rata-rata			0.79				3.71

Tabel 6.5. Data Beban Kerja Fisik Kelompok Subjek II–Perlakuan 2

PERLAKUAN 2									
No	Nama	Sudah Sarapan?		Barat Badan		Tekanan darah		Denyut nadi (denyut/ menit)	
		(✓)		sebelum bekerja (Kg)	Setelah bekerja (Kg)	Sebelum bekerja	Setelah bekerja	Sebelum bekerja	Setelah bekerja
		Sudah	Belum						
1	Subjek 1		✓	55.2	55.1	106/64	125/69	78	80
2	Subjek 2	✓		64.7	64	124/88	128/88	94	99
3	Subjek 3		✓	54.3	54.1	114/63	107/67	79	89
4	Subjek 4		✓	51.4	51.2	125/64	117/60	95	103
5	Subjek 5	✓		56.8	56.2	110/80	113/74	98	95
6	Subjek 6		✓	72.4	71.6	134/71	142/77	84	90
7	Subjek 7		✓	59.6	59.3	115/74	99/60	85	98
				59.20	58.79			87.57	93.43
		Rata-rata			0.41				5.86

Pengukuran Tingkat Keluhan Otot (MSDs)

Indikator tingkat keluhan otot (MSDs) dilakukan dengan menggunakan Nordic Bodi Map dengan skala ilkert 1-4 dan hasilnya disajikan pada Tabel 6.6 sampai 6.9.

Tabel 6.6. MSDs Kelompok 1 Perlakuan – 1

No	Daftar Pertanyaan	S1		S2		S3		S4		S5		S6		Rata2	
		Pre	Post	Pre	Post										
0	Sakit/kaku pada leher bagian atas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
1	Sakit/kaku pada leher bagian bawah	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.17
2	Sakit pada bahu kiri	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1.17	1.67
3	Sakit pada bahu kanan	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1.17	1.33
4	Sakit pada lengan atas kiri	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.17
5	Sakit pada punggung	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1.00	1.33
6	Sakit pada lengan atas kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
7	Sakit pada pinggang	1	1	1	1	3	2	1	2	1	1	1	1	1.33	1.33
8	Sakit pada bokong	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1.17	1.17
9	Sakit pada pantat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
10	Sakit pada siku kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
11	Sakit pada siku kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
12	Sakit pada lengan bawah kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.17
13	Sakit pada lengan bawah kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.17	1.00

15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.17
16	Sakit pada tangan kiri	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.17
17	Sakit pada tangan kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
18	Sakit pada paha kiri	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1.33	1.33
19	Sakit pada pahah kanan	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1.33	1.17
20	Sakit pada lutut kiri	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.00	1.17
21	Sakit pada lutut kanan	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.00	1.17
22	Sakit pada betis kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
23	Sakit pada betis kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
26	Sakit pada kaki kiri	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.00	1.17
27	Sakit pada kaki kanan	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.00	1.17

Tabel 6.7. MSDs Kelompok 1 Perlakuan – 2

NO	DAFTAR PERTANYAAN	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		RATA	
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
		PERLAKUAN 2															
0	Sakit/kaku pada leher bagian atas	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.33
1	Sakit/kaku pada leher bagian bawah	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.17
2	Sakit pada bahu kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1.00	1.00
3	Sakit pada bahu kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1.00	1.00
4	Sakit pada lengan atas kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1.00	1.00
5	Sakit pada punggung	1	1	1	2	1	3	1	1	2	3	1	1			1.17	1.83
6	Sakit pada lengan atas kanan	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1			1.00	1.17
7	Sakit pada pinggang	1	1	1	2	2	2	1	1	1	4	1	1			1.17	1.83
8	Sakit pada bokong	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1			1.17	1.50
9	Sakit pada pantat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.17
10	Sakit pada siku kiri	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1			1.17	1.17
11	Sakit pada siku kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.17
12	Sakit pada lengan bawah kiri	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1			1.17	1.33
13	Sakit pada lengan bawah kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.17

14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1			1.50	1.17
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1.00	1.00
16	Sakit pada tangan kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2			1.17	1.17
17	Sakit pada tangan kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1.00	1.00
18	Sakit pada paha kiri	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2			1.33	1.33
19	Sakit pada pahah kanan	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2			1.00	1.33
20	Sakit pada lutut kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1.00	1.00
21	Sakit pada lutut kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1.00	1.00
22	Sakit apda betis kiri	1	2	1	1	1	1	2	1	1	4	1	1			1.17	1.67
23	Sakit pada betis kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1			1.00	1.50
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1			1.17	1.50
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1			1.00	1.33
26	Sakit pada kaki kiri	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1			1.00	1.50
27	Sakit pada kaki kanan	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1			1.00	1.50

Tabel 6.8. MSDs Kelompok 2 Perlakuan – 1

No	DAFTAR PERTANYAAN	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		RATA	
		PERLAKUAN 1															
0	Sakit/kaku pada leher bagian atas	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
1	Sakit/kaku pada leher bagian bawah	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1.14	1.00

2	Sakit pada bahu kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1.14	1.14
3	Sakit pada bahu kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1.14	1.14
4	Sakit pada lengan atas kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1.00	1.14
5	Sakit pada punggung	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1.00	1.29
6	Sakit pada lengan atas kanan	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
7	Sakit pada pinggang	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1.00	1.14
8	Sakit pada bokong	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
9	Sakit pada pantat	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
10	Sakit pada siku kiri	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
11	Sakit pada siku kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
12	Sakit pada lengan bawah kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
13	Sakit pada lengan bawah kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
16	Sakit pada tangan kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
17	Sakit pada tangan kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.14	1.00
18	Sakit pada paha kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.14	1.00
19	Sakit pada pahah kanan	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1.14	1.29
20	Sakit pada lutut kiri	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1.29	1.43

21	Sakit pada lutut kanan	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.29
22	Sakit pada betis kiri	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.00	1.29
23	Sakit pada betis kanan	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.29
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1.00	1.14
26	Sakit pada kaki kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
27	Sakit pada kaki kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
		1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1.14	1.00

Tabel 6.9. MSDs Kelompok 2 Perlakuan – 2

KELOMPOK 2		S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		RATA	
NO	DAFTAR PERTANYAAN	PERLAKUAN 2															
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
0	Sakit/kaku pada leher bagian atas	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
1	Sakit/kaku pada leher bagian bawah	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
2	Sakit pada bahu kiri	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
3	Sakit pada bahu kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
4	Sakit pada lengan atas kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.14
5	Sakit pada punggung	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.29
6	Sakit pada lengan atas kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.14
7	Sakit pada pinggang	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1.00	1.43
8	Sakit pada bokong	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14

9	Sakit pada pantat	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
10	Sakit pada siku kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
11	Sakit pada siku kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
12	Sakit pada lengan bawah kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
13	Sakit pada lengan bawah kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.00	1.14
16	Sakit pada tangan kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
17	Sakit pada tangan kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
18	Sakit pada paha kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.14
19	Sakit pada pahah kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1.00	1.29
20	Sakit pada lutut kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
21	Sakit pada lutut kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
22	Sakit pada betis kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.00	1.14
23	Sakit pada betis kanan	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.00	1.14
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1.14	1.00
26	Sakit pada kaki kiri	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14

27	Sakit pada kaki kanan	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
----	-----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------	------

Pengukuran Tingkat Kelelahan

Pengukuran tingkat kelelahan dilakukan dengan kuesioner fatigue Rating Scale dengan 30 pertanyaan dengan 1-4 skala likert dan hasilnya disajikan pada table 6.10 sampai dengan 5.11.

Tabel 6.10. Data tingkat kelelahan Kelompok I perlakuan -1

No	Daftar Pertanyaan	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		RATA	
		PERLAKUAN 1 (TANGGAL 24 MEI 2021)															
1	Apakah saudara merasa berat dibagian kepala?	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
2	Apakah saudara merasa lelah pada seluruhbadan?	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1	1			1	1.67
3	Apakah kaki saudara terasaberat?	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1			1.17	1.33
4	Apakah saudaramenguap?	1	1	1	1	3	2	1	2	1	3	1	1			1.33	1.67
5	Apakah pikiransaudara terasa kacau?	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2			1.5	1.67
6	Apakah saudara merasamengantuk?	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1.17	1
7	Apakah saudara merasakan ada beban padamata?	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2			1.5	1.5
8	Apakah saudara merasa kaku atau canggungdalam bergerak?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1
9	Apakah saudara merasa sempoyonganketika berdiri?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1

10	Apakah ada perasaan inginberbaring?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Apakah saudara merasa susahberfikir?	2	1	1	1	1	2	1	2	1	4	1	1				1.17	1.83
12	Apakah saudara merasa malas untuk bicara?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1
13	Apakah perasaan saudara menjadi gugup?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1				1	1.17
14	Apakah saudara tidak bisa berkonsentrasi?	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1				1.17	1
15	Apakah saudara tidak bisa memusatkan perhatian terhadap sesuatu?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1
16	Apakah saudara punya kecenderungan untuk lupa?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1
17	Apakah saudara merasa kurang percaya diri?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1
18	Apakah saudara merasa cemas terhadap sesuatu?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1
19	Apakah saudara merasa tidak dapat mengontrol sikap?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1
20	Apakah saudara merasa tidak dapat tekun dalam pekerjaan?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1
21	Apakah saudara merasa sakit kepala?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1

22	Apakah saudara merasa kaku dibagian bahu?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1			1	1.33
23	Apakah saudara merasakan nyeri di punggung?	1	2	1	2	1	1	1	1	1	3	1	1			1	1.67
24	Apakah nafas saudara merasatertekan / sesak?	1	1	1	1	1	3	1	2	1	2	1	1			1	1.67
25	Apakah saudaramerasa haus?	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1			1.17	1.17
26	Apakah suara saudara terasaserak?	2	3	1	1	1	4	1	4	4	2	1	2			1.67	2.67
27	Apakah saudaramerasa pening?	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1			1.17	1.17
28	Apakah kelopak mata saudaraterasa kejang?	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1			1.33	1
29	Apakah anggota badan saudara merasagemetar/ tremor?	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1			1.17	1
30	Apakah saudara merasa kurangsehat?	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1			1	1.5
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1			1	1.33

Tabel 6.11. Data tingkat kelelahan Kelompok I perlakuan -2

KELOMPOK 1																	
NO	DAFTAR PERTANYAAN	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		RATA2	
		PERLAKUAN 2 (TANGGAL 21 MEI 2021)															
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
1	Apakah saudara merasa berat di bagian kepala?	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1			1.00	1.33
2	Apakah saudara merasa lelah pada seluruh badan?	1	3	1	3	1	2	1	1	1	4	2	2			1.17	2.50
3	Apakah kaki saudara terasa berat?	1	1	1	2	1	2	1	2	1	3	1	1			1.00	1.83
4	Apakah saudara menguap?	2	3	1	1	1	2	1	3	1	1	2	2			1.33	2.00
5	Apakah pikiran saudara terasa kacau?	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1			1.17	1.33
6	Apakah saudara merasa mengantuk?	1	2	1	1	1	3	1	2	1	1	1	2			1.00	1.83
7	Apakah saudara merasakan ada beban pada mata?	1	1	1	1	1	2	1	1	3	3	1	1			1.33	1.50
8	Apakah saudara merasa kaku atau canggung dalam bergerak?	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1			1.00	1.33
9	Apakah saudara merasa sempoyongan ketika berdiri?	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1			1.00	1.33
10	Apakah ada perasaan ingin berbaring?	2	3	1	2	1	1	1	2	1	4	1	2			1.17	2.33

11	Apakah saudara merasa susah berfikir?	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	1			1.17	1.50
12	Apakah saudara merasa malas untuk bicara?	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1			1.00	1.17
13	Apakah perasaan saudara menjadi gugup?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.17
14	Apakah saudara tidak bisa berkonsentrasi?	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1			1.33	1.17
15	Apakah saudara tidak bisa memusatkan perhatian terhadap sesuatu?	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1			1.17	1.17
16	Apakah saudara punya kecenderungan untuk lupa?	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1			1.17	1.17
17	Apakah saudara merasa kurang percaya diri?	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1			1.17	1.17
18	Apakah saudara merasa cemas terhadap sesuatu?	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1			1.17	1.17
19	Apakah saudara merasa tidak dapat mengontrol sikap?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.17
20	Apakah saudaramerasa tidak dapat tekun dalam pekerjaan?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.17

21	Apakah saudara merasa sakit kepala?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1.00	1.00
22	Apakah saudara merasa kaku di bagian bahu?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.17
23	Apakah saudara merasakan nyeri di punggung?	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1			1.17	1.17
24	Apakah nafas saudara merasa tertekan / sesak?	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.33
25	Apakah saudara merasa haus?	1	4	1	1	1	1	1	3	1	4	1	3			1.00	2.67
26	Apakah suara saudara terasa serak?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.17
27	Apakah saudara merasa pening?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1.00	1.00
28	Apakah kelopak mata saudara terasa kejang?	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1			1.17	1.17
29	Apakah anggota badan saudara merasa gemetar/ tremor?	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1			1.00	1.33
30	Apakah saudara merasa kurang sehat?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1			1.00	1.33

Tabel 6.12. Data tingkat kelelahan Kelompok II perlakuan -1

No.	Daftar Pertanyaan	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		RATA			
		PERLAKUAN 1 (TANGGAL 24 MEI 2021)																	
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
1	Apakah saudara merasa berat dibagian kepala?	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1.29	1.14	

2	Apakah saudara merasa lelah pada seluruh badan?	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1.14	1.43
3	Apakah kaki saudara terasaberat?	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1.14	1.29
4	Apakah saudaramenguaup?	2	2	2	1	1	2	1	3	3	2	2	1	1	3	1.71	2
5	Apakah pikiran saudara terasakacau?	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1.29
6	Apakah saudara merasamengantuk?	1	3	2	3	1	1	3	3	2	2	2	1	1	2	1.71	2.14
7	Apakah saudara merasakan ada beban padamata?	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1.29	1
8	Apakah saudara merasa kaku atau canggungdalam bergerak?	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1.14	1.29
9	Apakah saudara merasa sempoyonganketika berdiri?	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1.29	1.14
10	Apakah ada perasaan inginberbaring?	1	4	1	1	1	2	4	4	1	2	2	1	1	2	1.57	2.29
11	Apakah saudara merasa susahberfikir?	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.14	1
12	Apakah saudara merasa malasuntuk bicara?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Apakah perasaan saudara menjadigugup?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

14	Apakah saudara tidak bisaberkonsentrasi?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	Apakah saudara tidak bisa memusatkan perhatian terhadapsesuatu?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	Apakah saudara punya kecenderunganuntuk lupa?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	Apakah saudaramerasa kurang percaya diri?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	Apakah saudaramerasa cemas terhadap sesuatu?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	Apakah saudara merasa tidak dapat mengontrolsikap?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	Apakah saudara merasa tidak dapat tekun dalampekerjaan?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	Apakah saudara merasa sakitkepala?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1.14	1.14
22	Apakah saudaramerasa kaku di bagian bahu?	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.14
23	Apakah saudara merasakan nyeridi punggung?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	Apakah nafas saudara merasatertekan / sesak?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

25	Apakah saudaramerasa haus?	3	4	1	3	1	2	4	1	1	3	3	3	1	3	2	2.71
26	Apakah suara saudara terasaserak?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1.14	1.14
27	Apakah saudaramerasa pening?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1.14	1.14
28	Apakah kelopak mata saudaraterasa kejang?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	Apakah anggota badan saudara merasagemetar/tremor?	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.14
30	Apakah saudara merasa kurangsehat?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1.14	1.14

Tabel 6.13. Data tingkat kelelahan Kelompok II perlakuan -2

KELOMPOK 2																	
N O	DAFTAR PERTANYAAN	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		S7	
		PERLAKUAN 2 (TANGGAL 21 MEI 2021)															
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post		
1	Apakah saudara merasa berat di bagian kepala?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
2	Apakah saudara merasa lelah pada seluruh badan?	1	3	1	1	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1.00	1.71
3	Apakah kaki saudara terasa berat?	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.29
4	Apakah saudara menguap?	1	3	2	2	1	2	1	4	1	1	1	3	1	1	1.14	2.29

5	Apakah pikiran saudara merasa kacau?	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.29
6	Apakah saudara merasa mengantuk?	3	3	2	3	1	1	3	4	1	2	1	2	1	1	1.71	2.29
7	Apakah saudara merasakan ada beban pada mata?	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.29
8	Apakah saudara merasa kaku atau canggung dalam bergerak?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
9	Apakah saudara merasa sempoyongan ketika berdiri?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.14
10	Apakah ada perasaan ingin berbaring?	1	3	1	1	1	2	4	4	1	2	1	1	1	1	1.43	2.00
11	Apakah saudara merasa susah berfikir?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
12	Apakah saudara merasa malas untuk bicara?	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.14
13	Apakah perasaan saudara menjadi gugup?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
14	Apakah saudara tidak bisa berkonsentrasi?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00

15	Apakah saudara tidak bisa memusatkan perhatian terhadap sesuatu?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
16	Apakah saudara punya kecenderungan untuk lupa?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
17	Apakah saudara merasa kurang percaya diri?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
18	Apakah saudara merasa cemas terhadap sesuatu?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
19	Apakah saudara merasa tidak dapat mengontrol sikap?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
20	Apakah saudara merasa tidak dapat tekun dalam pekerjaan?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
21	Apakah saudara merasa sakit kepala?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1.00	1.00
22	Apakah saudara merasa kaku di bagian bahu?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.14
23	Apakah saudara merasakan nyeri di punggung?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.14

24	Apakah nafas saudara merasa tertekan / sesak?	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1.00	1.43
25	Apakah saudara merasa haus?	1	3	1	3	1	3	3	3	1	1	2	3	1	2	1.43	2.57
26	Apakah suara saudara terasa serak?	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.00	1.29
27	Apakah saudara merasa pening?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
28	Apakah kelopak mata saudara terasa kejang?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
29	Apakah anggota badan saudara merasa gemetar/ tremor?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00
30	Apakah saudara merasa kurang sehat?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00



BAB VII

ANALISIS SIKAP INTERVENSI ERGONOMI

Analisis Data Fisik Subjek

Hasil analisis data disajikan pada Tabel 7.1 sebagai berikut.

Tabel 7.1. Hasil Analisis Data Fisik Subjek

No	Variabel	P1	P2	Selisih	Keterangan
1	Berat badan sebelum bekerja	69.73	69.25	0.48	Masih dalam batas yang direkomendasikan
2	Berat badan setelah bekerja	69.28	69.12	0.17	Kehilangan berat badan P2 menurun sebesar 64,58%, masih dalam batas yang direkomendasikan
3	Beban kerja (denyut nadi) sebelum bekerja (Denyut/menit)	77.96	82.49	-4.52	Beban kerja kategori sedang
4	Beban kerja (denyut nadi) setelah bekerja (Denyut/menit)	82.49	90.71	-8.23	Beban kerja kategori sedang

5	skor kelelahan sebelum bekerja	32.19	34.25	-2.06	Terjadi peningkatan setelah bekerja sebesar 6,4 %
6	skor kelelahan setelah bekerja	40.33	37.95	2.38	Terjadi penurunan setelah bekerja sebesar 5,9 %, lebih rendah
7	Skor MSDs sebelum bekerja	29.15	33.42	-4.26	Terjadi peningkatan skor MSDs sebesar 15%
8	Skor MSD setelah bekerja	29.48	31.56	-2.08	Terjadi peningkatan skor MSDs sebesar 7%, 48,35% lebih rendah dari P1

Catatan :

P1 : Kelompok kontrol (melakukan tugas dengan stasiun kerja lama sebelum intervensi ergonomi)

P2 : Kelompok Perlakuan (melakukan tugas dengan stasiun kerja baru setelah intervensi ergonomi berupa penggunaan alat bantu kerja ergonomis)

Tabel 7.1 menunjukkan bahwa penggunaan alat bantu kerja dapat menurunkan kehilangan berat badan senilai 64,58%; menurunkan skor kelelahan senilai 5,9%; memperbaiki sikap kerja dan menurunkan skor keluhan MSDs senilai 15%

Analisis Tingkat Risiko MSDs

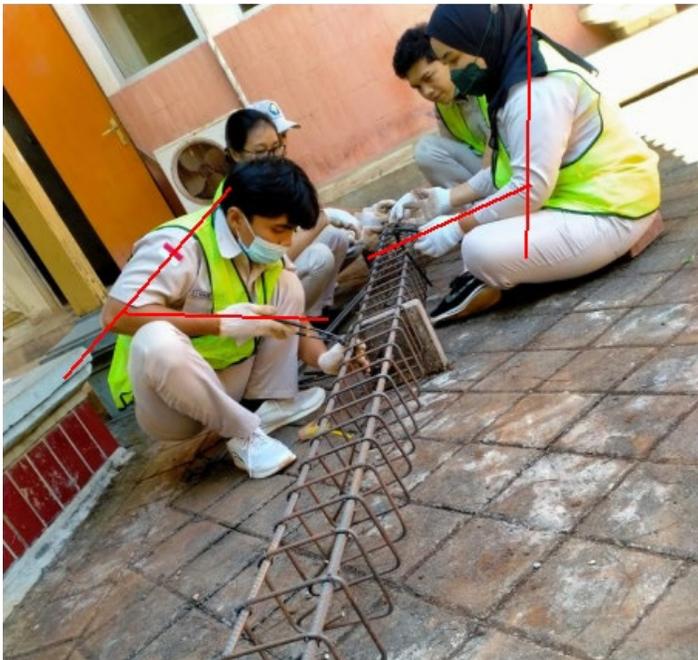
Analisis tingkat risiko MSDs dilakukan dengan menggunakan metode RULA dengan hasil sebagai berikut :

Analisis Sikap kerja sebelum intervensi ergonomi

1. Lengan Atas; Flexi $20 - 45^{\circ}$ = Skor: 2; Bahu/Lengan Atas Sering Terangkat: Skor +1 (Gambar 7.1)
2. Lengan Bawah; Flexi <60 & $>100^{\circ}$ = Skor: 2 (Gambar 7.2.)
3. Pergelangan Tangan; Flexi /Ekstensi $0-15^{\circ}$ = Skor: 2; Pergelangan Memuntir : 1 (Gambar 7.3.)

4. Leher; Flexi $0-15^{\circ}$ = Skor: 1; Tidak Ada Puntiran Pada Leher (Gambar 7.4.)
5. Badan; Flexi $20-60^{\circ}$ = Skor: 3; Tidak Ada Puntiran Pada Badan (Gambar 7.5.)
6. Kaki Dan Telapak Kaki Tidak Tertumpu Dengan Netral: Skor 2 (Gambar 7.6.)
7. Pembebanan Dan Pengerahan Tenaga: Repetitif Antara 2-10 Kg = Skor: 2

Dari hasil analisis postur kerja di atas dapat disimpulkan bahwa nilai Skor Akhir Rula Pre Intervensi = 7 dengan kategori Risiko “Sangat Tinggi” dan direkomendasikan untuk melakukan perbaikan cara kerja dengan sesegera mungkin.



Gambar 7.1. Posisi lengan atas & bahu



Gambar 7.2. Posisi lengan bawah



Gambar 7.3. Posisi Pergelangan tangan



Gambar 7.4. Posisi leher



Gambar 7.5 Posisi Badan



Gambar 7.6. Posisi Telapak kaki

Analisis Sikap Kerja Setelah Intervensi Ergonomi

1. Lengan Atas; Flexi 20° = Skor: 1; Bahu/Lengan Atas Netral/Tidak Terangjat: Skor +0 (Gambar 7.7.)
2. Lengan Bawah; Flexi flexi $60-100^{\circ}$ = Skor: 1 (Gambar 7.8.)
3. Pergelangan Tangan; Flexi /Ekstensi Netral = Skor: 1; Pergelangan Ada Kemungkinan Memuntir : 1 (Gambar 7.9.)
4. Leher; Flexi $0-15^{\circ}$ = Skor: 1; Tidak Ada Puntiran Pada Leher (Gambar 7.10.)
5. Badan; Flexi $0-20^{\circ}$ = Skor: 2; Tidak Ada Puntiran Pada Badan (Gambar 7.11.)
6. Kaki Dan Telapak Kaki Berdiri Netral Kedua Kaki Tertumpu Di Lantai Dengan Seimbang: Skor 1 (Gambar 7.12)
7. Pembebanan Dan Pengerahan Tenaga: Repetitif Antara 2-10 Kg= Skor: 2

Dari hasil analisis postur kerja di atas dapat disimpulkan bahwa skor akhir rula = 4 dengan kategori risiko = sedang dan mungkin masih diperlukan perbaikan pada beberapa postur seperti puntiran hand tool, dll.



Gambar 7.7. Posisi lengan atas & bahu



Gambar 7.8. Posisi lengan bawah



Gambar 7.9. Posisi Pergelangan tangan



Gambar 7.10. Posisi leher



Gambar 7.11. Posisi Badan



Gambar 7.12. Posisi Telapak kaki

Dari hasil kajian di atas, dihasilkanlah alat bantu kerja perakitan besi beton berupa meja kerja tetrapot, catut dan pengikat besi ergonomis dengan subjek adalah mahasiswa yang baru belajar dan belum memiliki pengalaman lapangan. Oleh karena itu, agar hasil kajian dapat menggambarkan kondisi riil di lapangan dan dapat digeneralisasi secara luas, maka penting untuk melakukan kajian dengan kondisi riil di lapangan dan dengan subjek pekerja besi yang sudah biasa dan berpengalaman dalam pekerjaan perakitan besi beton bertulang.



BAB VIII

PENUTUP

Dari hasil analisis dan pembahasan tersebut di atas, maka dapat disimpulkan beberapa hal penting yaitu: Inovasi ergonomi berupa penggunaan meja kerja dan pengikat pembesian ergonomis dapat meningkatkan budaya k3 yang dapat dilihat dari indikator penurunan kehilangan berat badan (64,58%), penurunan skor kelelahan (5,9%), skor keluhan MSDs (15%), dan perbaikan kategori tingkat risiko MSDs dari sangat tinggi dengan Rula score = 7 menjadi sedang dengan Rula skor 4. Selain itu juga ditemukan sebuah inovasi ergonomi berupa penggunaan meja kerja dan pengikat pembesian ergonomis dapat meningkatkan produktivitas kerja sebesar 141%.

Penulis juga memberikan saran Untuk menjamin keselamatan dan kesehatan kerja serta meningkatkan budaya kerja, maka penting bagi pelaku industri konstruksi untuk menerapkan prinsip dasar ergonomi agar tercipta stasiun kerja yang aman, sehat, nyaman, efisien dan produktif. Selain itu, kajian ini penting untuk dilanjutkan dengan kondisi riil dilapangan dan subjek yang sudah terbiasa dan mempunyai pengalaman dalam pekerjaan perakitan besi beton bertulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh, S.S., Moshashaei, P., 2015. The Bowtie method in safety management system: A literature review. *Sci. J. Rev.*, 4(9), 133-138
- Bridger, R.S. 2003. *Introduction to Ergonomics*, Taylor and Francis Inc. New York.
- Burgess-Limerick Et Al. (2014). Bow-Tie Analysis of A Fatal Underground Coal Mine Collision. *Ergonomics Australia*, 10:2
- Burtonshaw-Gunn. 2009. *Risk and Financial Management in Construction*. England: Gower Publishing Limited.
- Departemen (Pengertian dan Fungsi Beton) Tenaga Kerja dan Transmigrasi. (2010). *Pengawasan K3 Konstruksi (Modul)*. Jakarta
- Eurostat. 2017. Fatal and non-fatal accident at work. NACE Section EU-28. Online data codes: hsw_n2_01 and hsw_n2_02)
- Gita. 2015. *Analisa Risiko Kecelakaan Kerja Proyek Marvell City Linden Tower Surabaya Dengan Metode FMEA (Failure Mode And Analysis) Dan FTA (Fault Tree Analysis)*. Surabaya : ITS
- Goetsch, David L, 1993. *Construction Safety and Health*. Englewood Cliffs, New. Jersey: Prentice Hall. Heinrich, H. P. 1980). *Industrial Accident Prevention: A Safety Management*. NY: McGraw-Hill.
- Hinze, J. 1997. *Construction Safety*. NJ: Prentice-Hall.

- Ibrahim, J. K. 2011. Pelaksanaan Program Keselamatan Dan Kesehatan KerjaKaryawan PT. BITRATEX INDUSTRIES. Skripsi.Semarang: Universitas Diponegoro.
- ILO. 2015. Global Trends on Occupational Accidents and Diseases. Available at https://www.ilo.org/legacy/english/osh/en/story_content/external_files/fs_st_1-ILO_5_en.pdf
- International Ergonomics Association (IEA). 2020. What is Ergonomics? Available at <https://iea.cc/what-is-ergonomics/>
- Isafetynews. 2017. Kecelakaan Kerja Konstruksi 2017 Diprediksi Tetap Tinggi. Diakses dari <https://isafetynews.com/2017/02/01/kecelakaan-kerja-konstruksi-2017-diprediksi-tetap-tinggi/>
- James, A. 2013. Bowtie Risk Management Methodology.
- Kendall Jones. 2019. Increase in Number of Fatal and Nonfatal Injuries For Construction Workers in 2018.U.S. Bureau of Labor Statistics' Survey of Occupational Injuries and Illnesses Data and the Census of Fatal Occupational Injuries. Available at <https://www.constructconnect.com/>
- L. Sudiajeng, M. Mudhina, I. Wayan Intara, I. Made Jaya, I. Gede Made Oka Aryawan and I. Ketut Sutapa, "Work Posture Analyses for Ergonomics Working Condition Improvement of Concrete Work Practices," 2018 International Conference on Applied Science and Technology (iCAST), Manado, Indonesia, 2018, pp. 641-645, doi: 10.1109/iCAST1.2018.8751572.
- Lewis, S., Smith, K. 2010. Lessons Learned from Real World Application of the Bow-tie Method. Prepared for Presentation at American Institute of Chemical Engineers–6th Global Congress on Process Safety San Antonio.
- Manuaba, A. 2006. Total Approach is a Must for Small and Medium Enterprise to attain Sustainable Working Conditions and Environment with Special Reference to Bali, Indonesia. *Industrial Health*, Vol.44, 2006, pp : 22-26.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta. Nolan. 2015. *Psychology*. United State Of. America: Pearson.

- Notoatmodjo, Soekidjo. 2007. Kesehatan Masyarakat, Ilmu dan Seni. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 5 tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja.
- Permenaker No. 5 tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja (K3L). Dapat diakses di https://jdih.kemnaker.go.id/data_puu/Permen_5_2018.pdf
- Raymond K, Kaluli JW, Kabubo C. 2017. Common Construction Site Hazards in Nairobi County, Kenya. *American Journal of Construction and Building Materials*, 2017, Vol. 2, Issue 3, pp: 70-77.
- Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accident*. England: Ashgate Publishing
- Soehatman Ramli, 2009. *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001*. Jakarta : PT. Dian Rakyat.
- Soehatman Ramli, 2009. *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. OHSAS 18001*. Jakarta : PT. Dian Rakyat.
- Stanford. 2016. *Lifting/Carying*. *Environment Health and Safety. OSH*, P. 16-172. Available at <https://ehs.stanford.edu/wp-content/uploads/Road-Maintenance.pdf>
- Sumamur. 2009. *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (HIPERKES)*. Jakarta: Sagung Seto.
- Wahyuningsih, U., Sulisty, E., Rusjdi, H., Alfalah, W., Sudirmanto, S., & Prabowo, E. (2021). *Pengenalan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di PT Cita Rasa Palembang*. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri*, 3(2), 155–162. <https://doi.org/10.33322/terang.v3i2.431>
- Weaver, David B. 2012. Organic, incremental and induced paths to sustainable mass tourism convergence. *Journal Tourism Management*. Griffith university Autralia.
- Wicaksono, Iman Kurniawan dan Moses L. Singgih. 2011. *Manajemen Risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) pada Proyek Pembangunan Apartemen Puncak Permai Surabaya, Program Studi Magister Manajemen Teknologi*. Surabaya : ITS

Wilson, John R. & Corlet, E. Nigel. 1992. Evaluation of Human Work. A Practical Ergonomics Methodology. Great Britain: Taylor & Francis.

INOVASI ERGONOMI KONSTRUKSI

Peningkatan Budaya K3 dan Produktivitas
Kerja Pembesian Balok Beton Bertulang



Dunia konstruksi terus berkembang seiring dengan tuntutan zaman, dan tantangan demi tantangan harus dihadapi dengan solusi inovatif. Dunia konstruksi sangatlah kompleks, melibatkan jumlah tenaga kerja yang banyak dengan latar belakang yang sangat variatif. Pekerja terpapar dengan lingkungan kerja yang panas berdebu, dan bising, bekerja di ketinggian, berhubungan dengan alat berat dan alat bantu kerja dengan risiko kecelakaan yang tinggi. Oleh karenanya dunia konstruksi mengandung risiko kecelakaan dan sakit akibat kerja yang tinggi. Salah satu bagian pekerjaan dengan risiko kecelakaan dan sakit akibat kerja yang tinggi adalah bekerja struktur beton bertulang yang hingga saat ini masih mendominasi pekerjaan konstruksi secara menyeluruh. Dari bagian pekerjaan beton bertulang yang rumit adalah pekerjaan pembesian, sebuah tahap yang memerlukan presisi tinggi dan perhatian terhadap aspek kesehatan dan keselamatan kerja.

Buku ini memaparkan tentang potensi bahaya ergonomic dan menyajikan solusi ergonomi sebagai fondasi untuk peningkatan budaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja (K3L). Dengan menggabungkan ergonomi dalam setiap langkah konstruksi, kita membuka jalan menuju lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, efisien, produktif dan berdaya saing.

Penulis, melalui riset mendalam dan pengalaman praktis, menyajikan ide inovatif yang dapat diadopsi oleh para profesional konstruksi, insinyur, dan manajer proyek. Buku ini mengajak pembaca untuk memandang konstruksi sebagai panggung inovasi, di mana ergonomi bukan hanya menjadi norma, tetapi juga pendorong utama untuk peningkatan produktivitas dan keberlanjutan.

litrus. Penerbit



literasinusantaraofficial@gmail.com
www.penerbitlitrus.co.id
@litruspenerbit
literasinusantara_
085755971589

Pendidikan

+17

ISBN 978-623-114-490-4



9 786231 144904