



Full Length Research Article

Ergonomics Risk Assessment in Pine Resin Harvesting: A Static Postural Analysis

Penilaian Risiko Ergonomi dalam Kegiatan Pemungutan Getah Pinus: Analisis Postur Kerja Statis

Efi Yuliati Yovi*, Ahmad Fauzi

Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Jl. Ulin, Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

*Corresponding author. E-mail address: eyyovi@apps.ipb.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Received: 20 July 2020

Peer review completed: 31 August 2020

Received in revised form: 1 September 2020

Accepted: 3 September 2020

KEYWORDS:

Forestry workers
Musculoskeletal disorders
Non-timber forest products
Oleo-resin
Natural range of motion

ABSTRACT

Pine resin is one of the non-timber forest products commodity that has excellent prospects. Pine resin harvesting is generally divided into two main activities: tapping and collecting works. Collecting activity that is commonly done under manual technique is classified as manual material handling that can trigger musculoskeletal disorders (MSDs). This work posture study offers an overview of MSDs disruption level faced by workers. Therefore, the proper corrective action can be taken. Motion sequences in selected work cycles were captured by using the Kinovea software. Work posture analysis was performed by a combination of the natural range of motion (SAG), Rapid Upper-Limb Assessment (RULA), and Rapid Entire Body Assessment (REBA). SAG analysis shows that the body's parts having a high probability of being injured are the back and shoulders. Work posture analysis using RULA and REBA verified that bending or half bending may cause MSDs. The ergonomics risk in these positions might be higher due to the influence of load and repetitive factors. Reducing the posture of bending/half bending, reducing the weight of the resin bucket, and taking a short break/rest in between work activities should be considered as potential strategies in reducing the ergonomics risks that may occur during the resin collection work.

© 2021 The Author(s). Published by Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Lampung in collaboration with Indonesia Network for Agroforestry Education (INAFE). This is an open access article under the CC BY-NC license: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

1. Pendahuluan

Hasil hutan bukan kayu (HHBK) merupakan salah satu bentuk komoditas kehutanan yang memiliki prospek yang sangat baik. Kontroversi pada kegiatan pemanenan hasil hutan kayu semakin mendorong pengembangan komoditas HHBK, tidak saja dalam skala lokal tetapi juga dalam skala komersialisasi yang lebih luas (Cunningham 2011). Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.35/Menhut-II/2007 menyebutkan setidaknya terdapat 557 komoditas HHBK yang terdapat di Indonesia. Angka ini akan bertambah besar jika penghitungan komoditas tersebut ditelusuri hingga tingkat sub-spesies.

Salah satu komoditas HHBK Indonesia yang sangat menjanjikan dihasilkan oleh pohon pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese). Pada tahun 2016, luasan tegak pinus di Indonesia mencapai 124.290 ha (BPS 2017) dengan jumlah produksi getah mencapai 45 metrik ton dan

meningkat menjadi 61,2 metrik ton pada 2018. Nilai ekonomi produksi getah ini jauh lebih besar daripada nilai ekonomi produksi kayu bulat yang hanya mencapai 99.651 m³ untuk tahun yang sama (BPS 2017).

Bentuk mentah HHBK dari pohon pinus dikenal secara luas sebagai “getah pinus”, walaupun getah yang mengandung resin dan minyak atsiri ini seharusnya disebut sebagai *oleoresin*. Resin dan minyak atsiri yang terkandung dalam getah pinus akan terpisah setelah melalui proses destilasi, menghasilkan residu gondorukem (kelompok resin) dan destilat sebagai produk ikutan yang dikenal sebagai minyak turpentin (kelompok minyak atsiri). Kedua produk ini telah diperdagangkan di pasar internasional dengan nilai ekspor dalam bentuk gondorukem dan turpentin mencapai USD 53,2 juta pada 2019 (UN Comtrade 2019), yang mengukuhkan Indonesia sebagai salah satu negara penghasil *oleoresin* terbesar di dunia. Hal ini menyiratkan adanya potensi besar dalam upaya pengembangan komoditas getah pinus.

Pemanenan getah pinus dapat dikelompokkan dalam 2 kegiatan utama: penyadapan dan pemungutan. Di Indonesia, penyadapan getah pinus dilakukan dalam beragam teknik baik secara manual (menggunakan alat manual berbentuk seperti cangkul berukuran kecil yang disebut sebagai kadukul (bahasa Sunda) atau pethel (bahasa Jawa), maupun motor-manual (antara lain sistem bor). Adapun kegiatan pemungutan selalu dilakukan secara manual dengan cara memindahkan getah yang terkumpul pada batok atau plastik penampung satu demi satu ke ember penampung untuk kemudian diangkut ke tempat pengumpulan getah. Dari sudut pandang ergonomi, memindahkan dan mengangkat ember yang terisi getah memerlukan gerakan mengangkat (*lifting*) dan menurunkan (*lowering*) yang tergolong sebagai kegiatan *manual material handling* (Chaffin dan Andersson 1991). *Manual handling* sendiri terbukti merupakan salah satu penyebab utama gangguan otot (*musculoskeletal disorders/MSDs*) (Collins dan O’Sullivan 2015), terutama pada bagian bahu, punggung, dan paha (Huysamen et al. 2018).

Menghindarkan pekerja dari risiko gangguan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan sebuah keharusan. Gangguan K3 tidak saja akan membawa konsekuensi ekonomi (baik dalam bentuk biaya langsung maupun tidak langsung) yang cukup besar pada pekerja, melainkan juga bagi pemberi kerja (Manuele 2011). Terdapat sedikitnya 4 alasan mengapa perlindungan K3 menjadi penting dilakukan. Selain karena bekerja dengan selamat dan sehat merupakan hak dasar manusia (pekerja), pemenuhan kewajiban hukum, dan pertimbangan aspek ekonomi, perlindungan K3 perlu dipandang sebagai upaya untuk memenuhi kewajiban nilai moral yang berlaku. Aspek perlindungan K3 juga telah diakomodasi dalam kriteria dan indikator skema sertifikasi Pengelolaan Hutan Produksi Lestari (PHPL) nasional yang bersifat wajib (Yovi dan Nurrochmat 2018).

Beberapa kajian ergonomi terhadap kegiatan pemungutan getah pinus telah dilakukan. Kajian dari aspek fisiologi yang pernah dilakukan adalah kajian untuk menghitung jumlah beban kerja fisik (dalam satuan %VdotO₂max) yang diperlukan saat berjalan seraya membawa ember (*asymmetrical lifting*) yang penuh terisi getah (Yovi et al. 2005). Namun demikian, kajian dalam hal *physical ergonomics* dalam bentuk analisis postur kerja pada kegiatan pemungutan getah pinus belum pernah dilakukan. Kajian postur kerja ini memberikan gambaran tingkat risiko gangguan MSDs yang dihadapi pekerja, sehingga dapat diketahui apakah perubahan postur kerja tertentu (dan selanjutnya perubahan teknik dan alat kerja, sebagai konsekuensi) perlu dilakukan atau tidak.

Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan dalam bentuk kajian postur kerja pada pemungutan getah pinus. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi tingkat risiko MSDs pada kegiatan pemungutan getah pinus menggunakan kombinasi analisis selang alami gerak (SAG), analisis risiko ergonomi, dan *time study*. Rekomendasi perbaikan sikap kerja disusun berdasar hasil

dari ketiga analisis tersebut. Penelitian ini memberikan nilai manfaat bagi pekerja maupun bagi pemberi kerja, terutama dalam hal menentukan strategi yang dapat diambil dalam menurunkan risiko gangguan MSDs di tempat kerja.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari hingga Maret 2020 di Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Sagaranten, Kesatuan Pemangkuan Hutan Sukabumi, Perum Perhutani Divisi Regional Jawa Barat-Banten. Secara geografis BKPH Sagaranten terletak pada $7^{\circ}6'00''$ LS– $7^{\circ}18'00''$ LS dan $106^{\circ}49'58''$ BT– $106^{\circ}57'58''$ BT. Tiga pekerja pemungutan dengan tinggi badan yang mewakili tipikal pekerja dengan postur tubuh kecil (155 cm, 48 kg), sedang (162 cm, 50 kg), dan besar (173 cm, 78 kg) dipilih sebagai responden. Postur kerja dalam satu siklus kerja direkam menggunakan kamera video dari arah sudut tegak lurus *sagittal plane* (sisi kanan dan kiri tubuh). Satu siklus kerja dilakukan dengan durasi yang berbeda, tergantung pada luasan areal kerja yang perlu diselesaikan pada hari pengamatan. Pekerja 1 (P1) menyelesaikan satu siklus pemungutan pada sebuah tegakan yang memiliki 253 pohon dengan 3 kali proses pemindahan getah. P2 menyelesaikan 1 siklus setelah melakukan pengerukan pada 57 pohon dengan frekuensi pemindahan getah sebanyak 2 kali. Adapun P3 menyelesaikan siklus kerjanya saat mencapai pohon ke-95 dengan 3 kali pemindahan getah. Pada keseluruhan siklus, terdapat 1–2 wadah penampungan getah pada setiap pohon.

Sekuensi gerakan dari rekaman video pada siklus kerja terpilih ditangkap dalam bentuk foto menggunakan perangkat lunak Kinovea. Kinovea merupakan perangkat lunak yang dikembangkan pada 2009 dibawah lisensi GPLv2. Analisis postur kerja dilakukan dengan kombinasi antara metode SAG (dikenal sebagai natural *Range of Motion/RoM*), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), dan *Rapid Upper-Limb Assessment* (RULA). Ketiga instrumen ini memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan dalam prinsip penilaian/evaluasi postur kerja statis sehingga kombinasi ketiganya akan memberikan gambaran yang lebih lengkap terhadap postur kerja pemungutan getah. Adapun durasi saat melakukan setiap postur kerja dihitung menggunakan prinsip dasar *time study analysis*.

2.1. Siklus dan Elemen Kerja

Tujuan kegiatan pemungutan getah ini adalah mengeluarkan getah dari tegakan ke tempat pengumpulan getah. Getah dipungut dari setiap batok penampung di setiap bidang sadap (terdapat satu atau dua bidang sadap pada setiap pohon) untuk kemudian dipindahkan ke ember (kapasitas sekitar 40 liter) yang dibawa pekerja. Setelah ember penuh, getah kemudian dipindahkan ke penampung dengan kapasitas lebih besar (biasanya berupa drum plastik, kapasitas sekitar 120 liter). Dengan demikian dalam satu siklus kerja yang lengkap terdapat 4 elemen kerja yakni berjalan (berjalan antar pohon maupun berjalan saat membawa ember getah ke tempat penampungan sementara/drum), mengambil wadah getah (dan meletakkan kembali wadah yang telah kosong), mengeruk getah, dan memindahkan getah dari ember ke drum. Kegiatan memindahkan getah dari ember yang sudah penuh ke ember penampungan yang lebih besar dilakukan secara berkala setelah ember penuh (sekitar tiga kali dalam satu siklus). Mengingat alat dan teknik yang digunakan cenderung seragam pada setiap siklus, maka siklus yang digunakan

dalam penelitian postur kerja ini dapat dianggap mewakili postur kerja yang umum dilakukan pekerja pemungutan getah pinus.

2.2. Selang Alami Gerak (SAG)

Gerakan pada tubuh manusia dimungkinkan karena adanya sistem persendian dan otot. Sistem persendian dan otot ini memungkinkan gerakan segmen tubuh pada selang gerak yang terbatas. [Openshaw dan Taylor \(2006\)](#) menggolongkan rentang linear atau angular gerakan persendian (dari posisi netral) yang secara alami dapat dilakukan manusia normal ke dalam 4 zona yakni zona 0 (zona putih), zona 1 (zona hijau), zona 2 (zona kuning) dan zona 3 (zona merah). Zona 0 merupakan zona bagi gerakan tubuh yang memberikan tekanan minimal pada otot dan sendi. Zona 1 merupakan zona bagi rentang gerak dengan pergerakan sendi yang lebih besar dari zona 0 tetapi masih aman untuk dilakukan. Zona 2 merupakan zona dengan rentang gerakan yang menyebabkan tekanan otot dan sendi yang lebih besar, gerakan ekstrem mulai terlihat di zona ini. Zona 3 merupakan zona rentang gerakan tubuh yang sulit, ekstrem, dan sebaiknya dihindari. Artinya, zona 0 menunjukkan rentang gerak dengan upaya dan resiko yang terkecil sedangkan zona 3 menunjukkan rentang gerak dengan upaya dan risiko yang terbesar. Semakin banyak gerakan yang tergolong dalam zona 3, maka gerakan tersebut perlu dilakukan dengan hati-hati (dan jika memungkinkan diganti) karena berada pada rentang kemampuan gerak yang kecil (semakin sulit dilakukan) dan berpotensi besar menimbulkan gangguan pada sistem persendian ([Openshaw dan Taylor 2006](#)).

Zonasi selang gerak yang digunakan dalam penelitian ini merupakan zonasi selang gerak pada tubuh bagian atas yang dicetuskan oleh [Chaffin et al. \(1999\)](#) yang kemudian dikompilasi oleh [Openshaw dan Taylor \(2006\)](#) (**Tabel 1**). Gerakan yang terjadi secara umum terdiri atas fleksi (gerak menekuk atau membengkokkan), ekstensi (gerakan untuk meluruskan), deviasi radial (mendekati ke sumbu tubuh), deviasi ulnar (menjauhi sumbu tubuh), adduksi (gerakan mendekati tubuh), abduksi (gerakan menjauhi tubuh), rotasi, dan membengkok ke samping (*lateral bend*).

2.3. Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Metode RULA disusun untuk mengestimasi terjadinya risiko MSDs, khususnya pada anggota tubuh bagian atas ([McAtamney dan Corlett 1993](#)). Metode ini telah digunakan secara luas ([Dempsey et al. 2005](#)) karena penggunaannya tidak memerlukan tingkat keterampilan khusus. Walau metode ini tidak direkomendasikan untuk tugas-tugas yang melibatkan penggunaan seluruh bagian tubuh ([Herzog dan Buchmeister 2015](#)), tetapi terbukti memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap tekanan yang ditimbulkan oleh postur kerja (*postural stress*) ([Kee dan Karwowski 2007](#)).

RULA merupakan teknik penilaian seluruh tubuh yang memungkinkan penilaian terpisah pada tubuh bagian kanan dan kiri (sehingga dapat memberikan tingkat tindakan pada setiap sisi tubuh) dengan penekanan pada tubuh bagian atas. Salah satu kelemahan metode ini adalah RULA tidak mengakomodasi durasi kegiatan. RULA menetapkan skor pada bagian-bagian tubuh yang dibagi dalam dua kelompok besar yakni bagian yang terdiri dari alat gerak atas yakni lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan (Skor A) dan bagian tubuh yang terdiri atas leher, punggung, dan kaki (Skor B). Semakin jauh jarak segmen tubuh terhadap posisi netral segmen, skor akan semakin tinggi. Skor C diperoleh setelah dilakukan penyesuaian skor pada Skor A dan Skor B sesuai faktor tambahan yang mempengaruhi sistem otot yang terdiri atas aksi berulang, pembebanan statis, dan pengerahan tenaga. Hasil pembacaan akhir ini menunjukkan derajat risiko

yang terdiri atas 4 tingkat. Skor akhir pada kisaran 1–2 mengindikasikan bahwa risiko yang ada dapat diabaikan (tindakan korektif tidak diperlukan). Skor 3–4 mengindikasikan risiko rendah (tindakan korektif mungkin diperlukan). Skor 5–6 mengindikasikan risiko sedang, artinya penilaian lebih lanjut dan tindakan korektif diperlukan. Adapun skor > 6 mengindikasikan bahwa risiko sangat tinggi (tindakan korektif harus segera dilakukan) (McAtamney dan Corlett 1993).

Tabel 1. Zonasi selang alami gerak untuk bagian pergelangan tangan, bahu, punggung, dan leher oleh Chaffin et al. (1999) dalam Openshaw dan Taylor (2006)

Bagian tubuh	Gerakan	Zona dan selang sudut gerak terhadap posisi netral (°)			
		Zona 0	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Pergelangan tangan	Fleksi (<i>flexion</i>)	0–10	11–25	26–50	51+
	Ekstensi (<i>extension</i>)	0–9	10–23	24–45	46+
	Deviasi radial (<i>radial deviation</i>)	0–3	4–7	8–14	15+
	Deviasi ulnar (<i>ulnar deviation</i>)	0–5	6–12	13–24	25+
Bahu	Fleksi (<i>flexion</i>)	0–19	20–47	48–94	95+
	Ekstensi (<i>extension</i>)	0–6	7–15	16–31	32+
	Aduksi (<i>adduction</i>)	0–5	6–12	13–24	25+
	Abduksi (<i>abduction</i>)	0–13	14–34	35–67	68+
Punggung/tulang belakang	Fleksi (<i>flexion</i>)	0–10	11–25	26–45	46+
	Ekstensi (<i>extension</i>)	0–5	6–10	11–20	21+
	Berputar (<i>rotational</i>)	0–10	11–25	26–45	46+
	Membengkok ke samping (<i>lateral bend</i>)	0–5	6–10	11–20	21+
Leher	Fleksi (<i>flexion</i>)	0–9	10–22	23–45	46+
	Ekstensi (<i>extension</i>)	0–6	7–15	16–30	31+
	Berputar (<i>rotational</i>)	0–8	9–20	21–40	41+
	Membengkok ke samping (<i>lateral bend</i>)	0–5	6–12	13–24	25+

2.4. Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Seperti halnya RULA, REBA telah digunakan secara luas dan diakui merupakan analisis yang segera dapat memberikan hasil tingkat risiko ergonomi. REBA bahkan dianggap memiliki tingkat sensitivitas pengukuran pada spektrum pekerjaan/kegiatan yang jauh lebih luas dibanding RULA (Chiasson et al. 2012) walau terdapat pendapat bahwa REBA kurang memiliki sensitivitas pada beberapa aspek, seperti faktor tambahan pada gerak pergelangan tangan yang dianggap sama untuk beragam derajat puntiran (*twisting*) (Janowitz et al. 2006).

Lembar kerja REBA telah didesain sedemikian rupa sehingga mudah dipahami dan tidak diperlukan keterampilan khusus untuk melaksanakan penilaian di lapangan. REBA disusun oleh Hignett dan McAtamney (2000).

Serupa dengan RULA, REBA mengategorikan tubuh manusia dalam dua bagian besar yakni bagian leher, punggung, dan kaki (yang akan memberikan Skor A) dan bagian lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan (yang akan memberikan Skor B). Sedikit berbeda dengan RULA, faktor tambahan pada REBA tidak saja berupa faktor aksi berulang, pembebanan statis, dan

pengerahan tenaga, melainkan juga faktor genggaman tangan (*coupling*) (Hignett dan McAtamney 2000). Beberapa skor pada bagian-bagian tubuh tertentu serupa dengan RULA (misal pada lengan atas), tetapi di beberapa bagian tubuh lainnya, sistem skor yang diberikan didasarkan pada pembagian gerakan yang cukup bersifat umum (seperti pada bagian leher dan pergelangan tangan), atau sebaliknya, lebih detail (seperti pada bagian kaki dan punggung) (Kee dan Karwowski 2007). Skor akhir REBA yang bernilai 1 mengindikasikan bahwa risiko yang ada dapat diabaikan (tindakan korektif tidak diperlukan), skor 2–3 mengindikasikan risiko kecil (tindakan korektif mungkin diperlukan), skor 4–7 berarti bahwa risiko sedang (penilaian lebih lanjut dan tindakan korektif diperlukan), skor 8–10 berarti risiko tinggi (tindakan korektif harus segera dilakukan), dan skor 11–15 menunjukkan bahwa risiko yang ada sangat tinggi (saat ini juga tindakan korektif harus dilakukan) (Hignett dan McAtamney 2000).

3. Hasil dan Pembahasan

Pengamatan umum lapangan menunjukkan bahwa tata cara pemungutan getah secara umum dapat dikatakan serupa. Hal ini terjadi karena alat dan teknik kerja yang dipraktikkan dalam rangkaian kerja yang sangat sederhana ini cenderung sama seperti halnya kondisi lingkungan kerjanya. Pengamatan *time study* (dalam unit detik) menunjukkan adanya perbedaan dalam postur dominan (memiliki durasi terpanjang) antara ketiga pekerja (Tabel 2). Saat meraih wadah dan mengeruk getah (E2), P1 yang memiliki tinggi badan 155 cm, paling pendek dibanding kedua pekerja lainnya, cenderung menggunakan postur dominan tegak (Tg) atau setengah membungkuk (SB) pada keempat elemen kerja. Sedangkan P2 melakukan postur Tg, SB, dan membungkuk (B). Adapun P3, dengan tinggi badan 173 cm, banyak melakukan kegiatannya dengan postur membungkuk. Perbedaan postur ini terlihat jelas pada elemen kerja mengeruk getah (E3). Dimensi ember getah yang seragam pada ketiga pekerja (berkapasitas sekitar 40 liter) menyebabkan pekerja dengan postur tubuh yang lebih tinggi perlu mendekatkan wadah getah ke mulut ember saat mengeruk.

3.1. Analisis Selang Alami Gerak (SAG)

SAG dalam penelitian ini hanya dilakukan pada tubuh bagian atas yang terdiri atas pergelangan tangan, bahu, punggung, dan leher. Karena pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis postur kerja statis, standar zonasi yang digunakan hanyalah gerakan fleksi dan ekstensi. Hasil analisis SAG terhadap postur-postur kerja pada P1, P2, dan P3 menunjukkan adanya konsentrasi gerakan ekstrem pada bahu (terutama bahu kiri) dan punggung (Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5).

Tabel 2. Hasil *time study analysis* pada berbagai postur kerja dalam pekerjaan pemungutan getah

Elemen kerja	Postur kerja*	Pekerja 1		Pekerja 2		Pekerja 3	
		Durasi (detik)	% (dari siklus)	Durasi (detik)	% (dari siklus)	Durasi (detik)	% (dari siklus)
E1: Berjalan	M	36	0.38	-	-	-	-
	M-SB	22	0.23	-	-	-	-
	B	-**	-	15	0.59	-	-
	SB	362	3.84	122	4.80	274	6.38
	Tg	2745	29.11	552	21.70	920	21.42
Total		3165	33.57	689	27.08	1194	27.79
E2: Meraih dan mengembalikan wadah penampungan getah	M	48	0.51	8	0.31	7	0.16
	B	152	1.61	89	3.50	217	5.05
	M-B	31	0.33	4	0.16	8	0.19
	M-SB	41	0.43	6	0.24	-	-
	SB	168	2.78	63	2.48	156	3.63
	Td	34	0.36	9	0.35	-	-
	Tg	636	6.75	159	6.25	293	6.82
Total		1110	11.77	338	13.29	681	15.85
E3: Mengeruk getah dari wadah penampungan	M	99	1.05	10	0.39	-	-
	B	304	3.22	739	29.05	1282	29.84
	M-B	-	-	-	-	10	0.23
	M-SB	108	1.15	19	0.75	-	-
	SB	1810	19.20	419	16.47	331	7.70
	Tg	2521	26.74	94	3.69	159	3.70
Total		4842	51.35	1281	50.35	1782	41.48
E4: Memindahkan getah dari ember ke drum	B	24	0.25	-	-	-	-
	M-SB	-	-	1	0.04	-	-
	SB	262	2.78	182	7.15	493	11.48
	Tg	26	0.28	53	2.08	146	3.40
Total		312	3.31	236	9.28	639	14.87
		9429	100.00	2544	100.00	4296	100.00

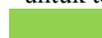
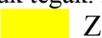
Keterangan: *seluruh postur kerja dalam penelitian ini dilakukan dalam posisi berdiri, ** postur tidak dilakukan. Simbol dalam postur adalah: M untuk miring, B untuk membungkuk, SB untuk setengah membungkuk, Td untuk tengadah, Tg untuk tegak.

Kegiatan pada E2 menyebabkan terjadinya konsentrasi gerakan yang ekstrem pada P1 (Tabel 3). Bahu kiri P1 cenderung mengalami gerakan ekstrem saat ia melakukan postur B, M-SB, dan Td (ketiganya berada pada Zona 3). Bahu kiri juga terindikasi melakukan gerakan yang tidak dianjurkan pada saat melakukan posisi M-SB, SB, dan berdiri Tg. Seluruh gerak yang tergolong berisiko ini terjadi saat bahu berada pada posisi fleksi. Selanjutnya, gerakan yang terjadi saat E3 dan E4 juga meletakkan bagian punggung sebagai bagian tubuh yang mengalami gerakan pada selang gerak yang cenderung ekstrem.

Tabel 3. Sudut yang terbentuk pada postur terpilih terhadap posisi netral pada Pekerja 1

Elemen kerja	Postur kerja*	Pergelangan tangan				Bahu				Punggung		Leher	
		Kanan		Kiri		Kanan		Kiri		F	E	F	E
		F	E	F	E	F	E	F	E				
E1: Berjalan	M		5	19			21	32			3		5
	M-SB		15	7			44	31		21		7	
	B												
	SB		23		15		23	35		26		12	
	Tg		4		13	24		18		9		13	
E2: Meraih dan mengembalikan wadah penampungan getah	M		7		3		11	43		6			10
	B		8		11	45		96		95			19
	M-B		23		7	48		82		91			22
	M-SB		9	5			9	97		63			7
	SB		13	8			22	62		58			11
	Td		7		25		9	10			11		18
	Tg		6		16		23	64		9			4
E3: Mengeruk getah dari wadah penampungan	M		7		11	12			13	9		9	
	B		9	27		87		81		71		10	
	M-B												
	M-SB	8			2	3		2		40		20	
	SB	7			1	8		6		5			7
	Tg		4		9	7		1			5	8	
E4: Memindahkan getah dari ember ke drum	B	4		6		2		5		7			16
	M-SB	9				7		5		9			
	SB	9			1	8		2		6			9
	Tg		9	3		8		5		4	3		3
												6	

Keterangan: *seluruh postur kerja dalam penelitian ini dilakukan dalam posisi berdiri. Simbol dalam postur adalah: F untuk fleksi, E untuk ekstensi, M untuk miring, B untuk membungkuk, SB untuk setengah membungkuk, Td untuk tengadah, Tg untuk tegak. Angka dalam satuan derajat.

 Zona 0  Zona 1  Zona 2  Zona 3

Seperti halnya P1, distribusi gerakan ekstrem pada P2 juga terdapat di bagian bahu dan punggung (**Tabel 4**). Gerakan-gerakan ekstrem ini terutama terkonsentrasi pada E2, E3, serta E4. Pada E2, selang gerak yang bersifat ekstrem terindikasi pada hampir semua postur kerja, kecuali saat P2 melakukan kegiatan ini dengan posisi berdiri Tg. Sedikit berbeda dengan P1, bagian leher P2 terindikasi melakukan beberapa gerakan pada selang yang tidak dianjurkan. Untuk bagian leher, elemen kerja yang perlu mendapat perhatian adalah E1 dan E2. Hampir sama dengan kasus P1 dan P2, kegiatan yang perlu mendapat perhatian pada P3 adalah E2, E3, serta E4. Bagian tubuh yang perlu diwaspadai adalah punggung dan bahu kiri, tetapi selang gerak yang terjadi pada bahu dapat dianggap cenderung lebih “aman” daripada gerak bahu pada P1 dan P2 (**Tabel 5**).

Tabel 4. Sudut yang terbentuk pada postur terpilih terhadap posisi netral pada Pekerja 2

Elemen kerja	Postur kerja*	Pergelangan tangan				Bahu				Punggung		Leher	
		Kanan		Kiri		Kanan		Kiri					
		F	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
E1: Berjalan	M												
	M-SB												
	B	10	3			7	23			55			16
	SB	47		9	11		12			34			25
	Tg	22		7		5	17			13			7
E2: Meraih dan mengembalikan wadah penampungan getah	M	16		9	98		113			38			21
	B	4		8	22		97			77			12
	M-B	13		43	15		86			94			17
	M-SB	7		10		16	122			52			12
	SB	13		7		7	97			45			11
	Td	11		37		14	117			5			35
	Tg	29		5		8	43				8		6
E3: Mengeruk getah dari wadah penampungan	M	9		14		41	7			31			23
	B	25		18	68		65			87			14
	M-B												
	M-SB	9		22	77		61			47		13	
	SB	8		17	17		57			52			9
	Tg	15		13		12	17			9		17	
E4: Memindahkan getah dari ember ke drum	B												
	M-SB	13		10	116		101			43			15
	SB	8		17	92		97			31		9	
	Tg	22		12	86		49			18			3

Keterangan: *seluruh postur kerja dalam penelitian ini dilakukan dalam posisi berdiri. Simbol dalam postur adalah: F untuk fleksi, E untuk ekstensi, M untuk miring, B untuk membungkuk, SB untuk setengah membungkuk, Td untuk tengadah, Tg untuk tegak. Angka dalam satuan derajat.

 Zona 0  Zona 1  Zona 2  Zona 3

Tabel 5. Sudut yang terbentuk pada postur terpilih terhadap posisi netral pada Pekerja 3

Elemen kerja	Postur kerja*	Pergelangan tangan				Bahu				Punggung		Leher	
		Kanan		Kiri		Kanan		Kiri		F	E	F	E
		F	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
E1: Berjalan	M												
	M-SB												
	B												
	SB		10		6	19		12		32			9
	Tg		14	12			5	14			4	22	
E2: Meraih dan mengembalikan wadah penampungan getah	M		9		4		11	55		21		24	
	B	8			8	95		89		91			6
	M-B		7		11	13		87		76			19
	M-SB												
	SB		8		31		13	59		41			6
	Td											3	4
E3: Mengeruk getah dari wadah penampungan	M												
	B	13			33	86		85		71		13	
	M-B		21		18	76		64		64		11	
	M-SB												
	SB	4			12	57		64		71		23	
E4: Memindahkan getah dari ember ke drum	Tg		12		19	27		4		4		22	
	B												
	M-SB												
	SB	11			42	72		13		48		44	
	Tg		11		10		9	47		16		41	

Zona 0

Zona 1

Zona 2

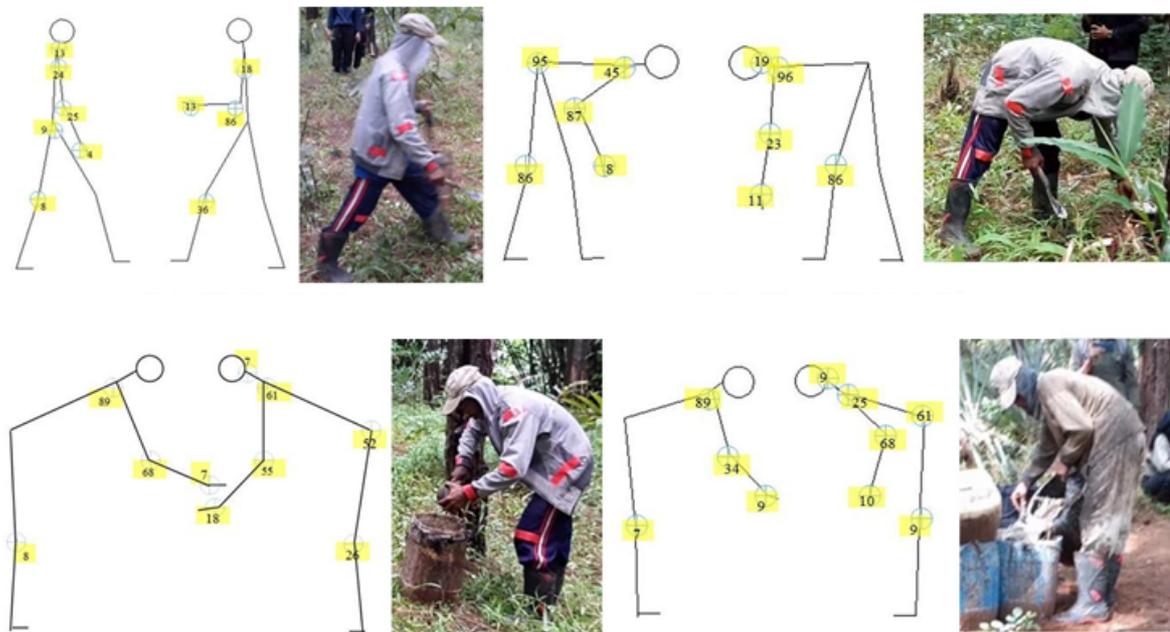
3.2. Analisis Postur Kerja Statis: RULA dan REBA

Postur yang digunakan untuk analisis RULA dan REBA dipilih berdasarkan kombinasi dua indikator: postur kerja dilakukan dengan durasi dominan (Tabel 2) dan postur kerja berada pada SAG yang cenderung ekstrem (Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5). Analisis *time study* dan SAG menunjukkan bahwa beberapa postur kerja dengan durasi terlama juga merupakan postur kerja ekstrem. Sebaliknya, beberapa postur eskترم lainnya, ternyata dilakukan dalam waktu yang lebih singkat. Pada kasus P2 misalnya, postur kerja pada E2 yang dilakukan dengan posisi berdiri B dilakukan dengan durasi yang lebih lama dibanding postur berdiri SB. Tetapi analisis SAG menunjukkan bahwa saat melakukan postur B, terdapat dua bagian tubuh yang mengalami gerakan ekstrem yakni bahu kiri dan punggung (keduanya fleksi), sedangkan pada posisi SB, fleksi yang ekstrem hanya terjadi di bahu kiri. Dalam kondisi tersebut, postur kerja yang dipilih untuk mewakili postur kerja pada elemen E2 untuk P2 adalah postur B. Dalam analisis ini, *load factor* yang digunakan saat E1 dan E4 baik pada analisis RULA maupun REBA adalah *load factor* pada kondisi tertinggi yakni 33 kg (saat ember penuh terisi getah).

Postur kerja terpilih P1, P2, dan P3 agak berbeda, terutama pada dua elemen kerja yakni E2 dan E4. Adapun postur kerja terpilih pada E1 pada seluruh pekerja adalah berjalan tegak (sambil membawa beban di satu tangan, *asymmetric lifting*). Postur kerja terpilih pada semua pekerja untuk E4 adalah berdiri SB. Hasil pengukuran sudut tubuh untuk P1, P2, dan P3, disajikan berturut-turut pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3. Adapun skor akhir pada analisis RULA disajikan pada Tabel 6, sedangkan skor akhir REBA disajikan pada Tabel 7.

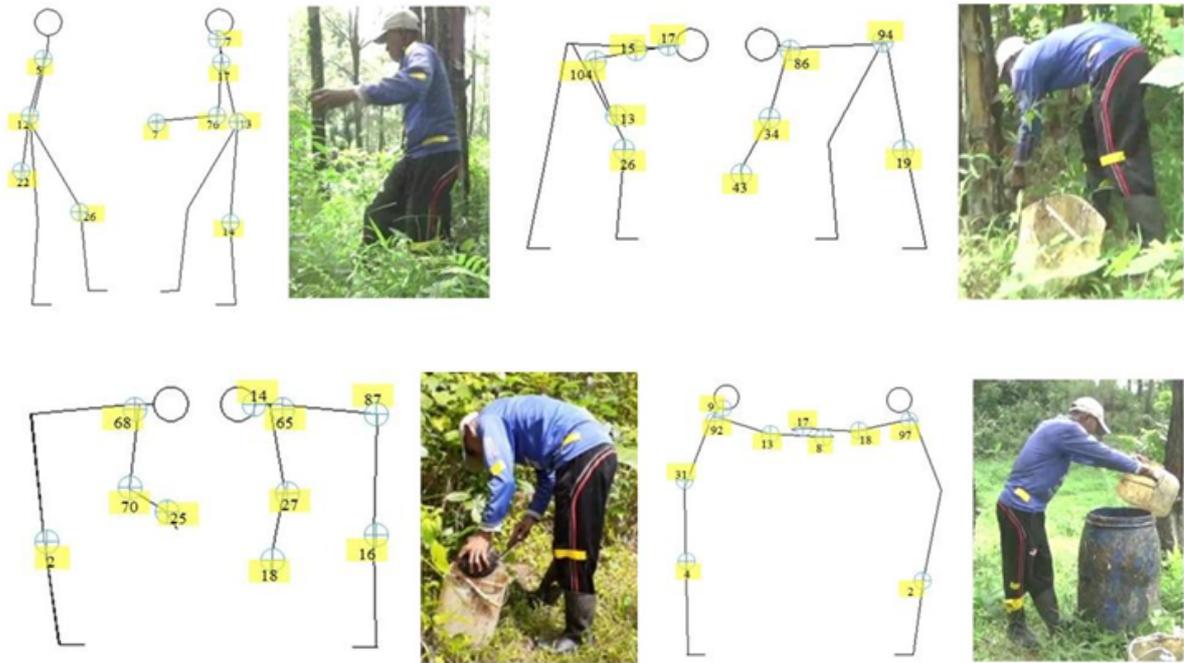
RULA mengategorikan bahwa postur kerja dengan skor di atas 4 memerlukan perhatian dan tindakan korektif dalam berbagai skala. Analisis RULA menunjukkan bahwa kegiatan pemungutan getah ternyata menghasilkan skor di atas 4 pada seluruh postur kerja terpilih pada seluruh pekerja. Dua postur kerja, masing-masing E1 dan E4, merupakan postur kerja yang perlu mendapat penilaian lebih lanjut dan tindakan korektif harus segera dilakukan. Sedangkan postur kerja pada E2 dan E3 memiliki risiko ergonomi pada tingkat sedang (tetapi tetap memerlukan tindakan korektif).

Dalam penelitian dengan instrumen RULA dan REBA ini, berat dan tinggi badan pekerja tidak terlihat memberikan pengaruh terhadap besar risiko ergonomi, walau secara teoritis, faktor antropometri akan memberikan pengaruh pada risiko ergonomi. Sebagai contoh, jika instrumen analisis yang digunakan adalah biomekanik, maka dimensi tubuh akan memberikan nilai gaya tekan (*compression force*) pada punggung bagian bawah (*lumbosacral joint*) yang berbeda pada postur yang sama persis (Han et al. 2013).



Gambar 1. Sudut yang terbentuk pada keempat elemen kerja pemungutan pada pekerja 1.

Searah jarum jam (kiri atas–kiri bawah): berjalan, meraih dan mengembalikan wadah penampungan getah, mengeruk getah dari wadah penampungan, memindahkan getah dari ember ke drum.



Gambar 2. Sudut yang terbentuk pada keempat elemen kerja pemungutan pada pekerja 2. Searah jarum jam (kiri atas–kiri bawah): berjalan, meraih dan mengembalikan wadah penampungan getah, mengeruk getah dari wadah penampungan, memindahkan getah dari ember ke drum.



Gambar 3. Sudut yang terbentuk pada keempat elemen kerja pemungutan pada pekerja 3. Searah jarum jam (kiri atas–kiri bawah): berjalan, meraih dan mengembalikan wadah penampungan getah, mengeruk getah dari wadah penampungan, memindahkan getah dari ember ke drum.

Tabel 6. Skor akhir RULA pada pekerja 1, pekerja 2, dan pekerja 3

Elemen Kerja *	Postur kerja	Pekerja 1		Pekerja 2		Pekerja 3	
		Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri
E1: Berjalan	Tg	4	6	7	5	7	5
E2: Meraih dan mengembalikan wadah penampungan getah	B	6	6			6	6
	M-B			5	6		
E3: Mengeruk getah dari wadah penampungan	SB	6	6				
	B			5	5	5	5
E4: Memindahkan getah dari ember ke drum	SB	7	7	7	7	7	7

Keterangan: *seluruh postur kerja dalam penelitian ini dilakukan dalam posisi berdiri. Simbol dalam postur adalah: M untuk miring, B untuk membungkuk, SB untuk setengah membungkuk, Td untuk tengadah, Tg untuk tegak. Skor 1–2: risiko yang ada dapat diabaikan (tindakan korektif tidak diperlukan), skor 3–4: risiko rendah (tindakan korektif mungkin diperlukan), skor 5–6: risiko sedang (penilaian lebih lanjut dan tindakan korektif diperlukan), skor >6 risiko sangat tinggi (tindakan korektif harus segera dilakukan).

Tabel 7. Skor akhir REBA pada pekerja 1, pekerja 2, dan pekerja 3

Elemen Kerja *	Postur kerja	Pekerja 1		Pekerja 2		Pekerja 3	
		Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri
E1: Berjalan	Tg	4	3	4	4	4	4
E2: Meraih dan mengembalikan wadah penampungan getah	B	4	6			8	7
	M-B			6	8		
E3: Mengeruk getah dari wadah penampungan	SB	4	5				
	B			4	4	3	4
E4: Memindahkan getah dari ember ke drum	SB	8	7	5	6	7	6

Keterangan: *seluruh postur kerja dalam penelitian ini dilakukan dalam posisi berdiri. Simbol dalam postur adalah: M untuk miring, B untuk membungkuk, SB untuk setengah membungkuk, Td untuk tengadah, Tg untuk tegak. Skor 1: risiko yang ada dapat diabaikan (tindakan korektif tidak diperlukan), skor 2–3: risiko kecil (tindakan korektif mungkin diperlukan), skor 4–7: risiko sedang (penilaian lebih lanjut dan tindakan korektif diperlukan), skor 8–10: risiko tinggi (tindakan korektif harus segera dilakukan), skor 11–15: sangat tinggi (saat ini juga tindakan korektif harus dilakukan).

Instrumen RULA dan REBA mengindikasikan bahwa tingginya risiko ergonomi pada E1 disebabkan beberapa faktor. Salah satu faktor yang perlu diwaspadai adalah faktor beban (*load factor*). Saat berjalan, seorang pekerja membawa satu ember getah yang pada kondisi penuh dapat mencapai 33 kg. Beban akan diangkat dari satu pohon kemudian diturunkan di pohon lainnya. Ini berarti bahwa elemen berjalan pada dasarnya terdiri dari kegiatan mengangkat, membawa, dan menurunkan, yang kesemuanya itu merupakan bagian dari *manual material handling*. NIOSH telah menetapkan batas berat beban yang dapat diangkat (dengan frekuensi yang tinggi) oleh pekerja laki-laki. Kegiatan mengangkat, membawa, dan meletakkan beban dengan berat di atas 25 kg (batasan umum untuk *symmetric lifting*, dua tangan, angka dapat berbeda pada kondisi khusus) telah terbukti menyebabkan gangguan MSDs (Chaffin dan Andersson 1991; Waters et al. 1993). Yovi dan Prajawati (2015) menemukan bukti bahwa membawa beban sebesar 10 kg telah menyebabkan tingginya risiko MSDs pada pundak, lengan, dan pinggang pekerja penebangan. Selain itu, seorang pekerja biasanya membawa ember getah dengan satu tangan (tangan kiri pada P1, dan tangan kanan pada P2 dan P3), sehingga menyebabkan terjadinya *asymmetric lifting* yang dapat menyebabkan tekanan intens pada otot tangan, bahu, dan pinggang (Marras dan Davis 1998).

Beban yang diperbolehkan untuk dibawa saat *asymmetric lifting* hanya berkisar pada angka 80% dari beban maksimum yang diperbolehkan saat *symmetric lifting* (Cheng dan Lee 2003).

RULA juga mengonfirmasi bahwa postur kerja pada E4 juga merupakan postur kerja yang perlu segera mendapat tindakan korektif. Pada E4, skor 7 diperoleh pada seluruh pekerja baik tubuh bagian kanan maupun kiri. Secara keseluruhan, termasuk pada E2 dan E3, tingginya skor akhir disebabkan oleh tingginya skor pada punggung. Postur membungkuk melebihi 60 derajat dari posisi normal menyumbang skor risiko ergonomi yang besar (Chaffin dan Andersson 1991; Niebel dan Freivalds 1999). Pekerja merasa bahwa saat menyelesaikan E2 dan E3 dengan posisi wadah berada di dekat permukaan tanah, mempertahankan postur B atau SB saat meraih wadah penampung dan mengeruk getah lebih “nyaman” dilakukan karena kedua elemen tersebut dilakukan berurutan dan hanya dilakukan dalam hitungan detik (sekitar 23–28 detik) per wadah. Selain itu, tinggi ember cukup rendah (dimensi ember getah adalah 30 cm x 30 cm x 50 cm), sehingga mengubah posisi punggung menjadi tegak saat melakukan E3 dirasakan sebagai tindakan berlebihan.

Hasil pembacaan pada analisis REBA menunjukkan hal yang serupa. Elemen kerja berjalan menghasilkan skor akhir 4 pada sebagian besar segmen tubuh ketiga pekerja pada elemen berjalan (dengan *load factor* yang sama) dan mengeruk getah. Hal ini menunjukkan bahwa tindakan korektif diperlukan untuk memperkecil risiko gangguan ergonomi yang mungkin dialami pekerja pemungutan getah. Analisis REBA menghasilkan skor 8 (yang merupakan skor tertinggi dalam rangkaian kegiatan pemungutan) E2, terutama pada P2 dan P3 yang melakukan kegiatan ini dengan posisi B dan M-B.

Analisis REBA, seperti halnya RULA, menunjukkan bahwa gerakan punggung yang membungkuk hingga menciptakan sudut yang lebih dari 60 derajat dari posisi normal telah menyebabkan tingginya skor akhir pada keempat postur kerja terpilih. Gerakan membungkuk ini pada dasarnya tidak saja menyebabkan tekanan pada bagian punggung (Huysamen et al. 2018) dan pinggang, tetapi juga meningkatkan potensi rasa sakit pada bagian bahu (Pope et al. 1997). Khusus untuk E4, postur yang sama dipertahankan statis selama lebih dari 1 menit dengan kombinasi gerakan berulang (yakni gerakan tangan saat mengeruk getah dari dasar ember agar mengalir ke drum), serta perubahan gerak tubuh yang nyata saat pekerja mengangkat ember, mempertahankannya di mulut drum, dan menurunkan ember kosong. Gerakan berulang yang dilakukan oleh tangan ini berpotensi memicu MSDs (Ferguson et al. 2013). Hal inilah yang memicu tingginya skor akhir pada E4. Kombinasi intensitas gerakan, pengulangan, dan durasi akan memicu pekerja untuk melampaui batasan fisiologi yang dimiliki (Kumar 2001; Sakka et al. 2015) yang pada akhirnya akan memicu kelelahan otot lokal (*localized musculoskeletal fatigue*) (Chaffin dan Andersson 1991; Ferguson et al. 2013).

Upaya perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi postur membungkuk (Chaffin dan Andersson 1991; Niebel dan Freivalds 1999). Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan postur tubuh yang tegak pada saat mengambil wadah yang terletak pada posisi yang rendah/dekat dengan permukaan tanah dan saat mengeluarkan getah dari wadah penampung. Pekerja disarankan tidak berdiri melainkan berlutut bertumpu pada satu lutut sehingga dapat menumpahkan getah ke dalam ember (yang rendah) dengan nyaman. Upaya lain yang dapat dilakukan adalah meningkatkan frekuensi dalam beristirahat untuk memberi kesempatan otot melakukan relaksasi (Waters et al. 1993), hal ini akan meminimalisir risiko MSDs yang terjadi karena kelelahan otot lokal. Durasi istirahat yang diperlukan tidak terlalu panjang, periode 3 menit per 30 menit berkegiatan telah cukup dapat memberikan kesempatan beristirahat kepada jaringan

tubuh untuk pulih dari kelelahan yang disebabkan gerakan sebelumnya, yang ditandai dengan kembali laju detak jantung ke titik normal (Yovi et al. 2006). Upaya lainnya adalah dengan mengurangi *load factor*, pekerja dapat mempertimbangkan penggunaan ember dengan dimensi yang berbeda, yakni lebih kecil sehingga berat getah saat ember terisi penuh menjadi semakin ringan. Tidak memenuhi ember getah dan segera menuangkannya ke drum penampung saat berat getah dalam ember telah hampir mencapai 10 kg juga merupakan strategi teknis yang dapat disarankan.

Secara keseluruhan, perbandingan hasil analisis pada kedua instrumen mengindikasikan bahwa RULA lebih sensitif dalam mengestimasi risiko ergonomi dibanding REBA. Tampaknya hal ini disebabkan RULA memang dirancang untuk lebih secara detail menangkap gerakan-gerakan pada tubuh bagian atas dan karena pekerjaan pemungutan getah ternyata lebih berpusat pada gerakan tubuh bagian atas. Temuan ini selaras dengan hasil penelitian pada penggunaan telepon genggam yang banyak menggunakan tubuh bagian atas (Namwongsa et al. 2018).

4. Kesimpulan

Instrumen RULA dan REBA menunjukkan bahwa kegiatan pemungutan getah pinus yang dilakukan saat ini memicu terjadinya postur kerja yang tidak ergonomis. Postur kerja tidak ergonomis ini berupa postur membungkuk, setengah membungkuk, atau miring membungkuk yang terjadi pada elemen kerja meraih dan mengembalikan wadah penampungan getah, mengeruk getah dari wadah penampungan, serta memindahkan getah dari ember ke drum. Bagian tubuh yang perlu mendapat perhatian karena kemungkinan cedera yang lebih besar adalah punggung dan bahu. Potensi risiko ergonomi menjadi semakin tinggi karena adanya aspek *load factor* dan repetisi (pengulangan gerakan). Tindakan perbaikan yang dapat dilakukan adalah mengurangi postur kerja membungkuk atau setengah membungkuk. Selain itu, mengurangi beban getah dalam ember yang dibawa selama bekerja dan meningkatkan frekuensi beristirahat singkat disela-sela kerja dapat mengurangi risiko kelelahan otot.

Daftar Pustaka

- BPS. 2017. *Statistik Perusahaan Pembudidaya Tanaman Kehutanan 2016*. BPS (Badan Pusat Statistik), Jakarta, Indonesia.
- Chaffin, D.B., and Andersson, G. 1991. *Occupational Biomechanics. Second Edition*. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Chaffin, D.B., Andersson, G.B.J., and Martin, B.J. 1999. *Occupational Biomechanics. Third Edition*. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Cheng, T.S., and Lee, T.H. 2003. Maximum Acceptable Weight of Lift for Asymmetric Lifting. *Perceptual and Motor Skills* 96(3): 1339–1346. DOI: [10.2466/pms.2003.96.3c.1339](https://doi.org/10.2466/pms.2003.96.3c.1339)
- Chiasson, M. ève, Imbeau, D., Aubry, K., and Delisle, A. 2012. Comparing the Results of Eight Methods Used to Evaluate Risk Factors Associated with Musculoskeletal Disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics* 42(5): 478–488. DOI: [10.1016/j.ergon.2012.07.003](https://doi.org/10.1016/j.ergon.2012.07.003)
- Collins, J.D., and O’Sullivan, L.W. 2015. Musculoskeletal Disorder Prevalence and Psychosocial Risk Exposures by Age and Gender in a Cohort of Office Based Employees in Two Academic Institutions. *International Journal of Industrial Ergonomics* 46: 85–97. DOI:

[10.1016/j.ergon.2014.12.013](https://doi.org/10.1016/j.ergon.2014.12.013)

- Cunningham, A.B. 2011. Non-Timber Products and Markets: Lessons for Export-Oriented Enterprise Development from Africa. in: *Non-timber Forest Products in the Global Context* S. E. Shackleton, C. M. Shackleton, and P. Shanley, eds. Springer, Heidelberg, Germany 285. DOI: [10.1007/978-3-642-17983-9_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-17983-9_4)
- Dempsey, P.G., McGorry, R.W., and Maynard, W.S. 2005. A Survey of Tools and Methods Used by Certified Professional Ergonomists. *Applied Ergonomics* 36(4): 489–503. DOI: [10.1016/j.apergo.2005.01.007](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.01.007)
- Ferguson, S.A., Allread, W.G., Le, P., Rose, J., and Marras, W.S. 2013. Shoulder Muscle Fatigue During Repetitive Tasks as Measured by Electromyography and Near-Infrared Spectroscopy. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 55(3): 1077–1087. DOI: [10.1177/0018720813482328](https://doi.org/10.1177/0018720813482328)
- Han, K.S., Rohlmann, A., Zander, T., and Taylor, W.R. 2013. Lumbar Spinal Loads Vary with Body Height and Weight. *Medical Engineering and Physics* 35: 969–977. DOI: [10.1016/j.medengphy.2012.09.009](https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2012.09.009)
- Herzog, V., and Buchmeister, B. 2015. The Review of Ergonomics Analysis for Body Postures Assessment, Chapter 14. in: *DAAAM International Scientific Book B*. Katalinic, ed. DAAAM International 153–164. DOI: [10.2507/daaam.scibook.2015.14](https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2015.14)
- Hignett, S., and McAtamney, L. 2000. Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics* 31(2): 201–205. DOI: [10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Huysamen, K., Looze, M. de, Bosch, T., Ortiz, J., Toxiri, S., and O’Sullivan, L.W. 2018. Assessment of an Active Industrial Exoskeleton to Aid Dynamic Lifting and Lowering Manual Handling Tasks. *Applied Ergonomics* 68: 125–131. DOI: [10.1016/j.apergo.2017.11.004](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.11.004)
- Janowitz, I.L., Gillen, M., Ryan, G., Rempel, D., Trupin, L., Swig, L., Mullen, K., Rugulies, R., and Blanc, P.D. 2006. Measuring the Physical Demands of Work in Hospital Settings: Design and Implementation of an Ergonomics Assessment. *Applied Ergonomics* 37(5): 641–658. DOI: [10.1016/j.apergo.2005.08.004](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.08.004)
- Kee, D., and Karwowski, W. 2007. A Comparison of Three Observational Techniques for Assessing Postural Loads in Industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 13(1): 3–14. DOI: [10.1080/10803548.2007.11076704](https://doi.org/10.1080/10803548.2007.11076704)
- Kumar, S. 2001. Theories of Musculoskeletal Injury Causation. *Ergonomics* 44(1): 17–47. DOI: [10.1080/00140130120716](https://doi.org/10.1080/00140130120716)
- Manuele, F.A. 2011. Accident Costs. Rethinking Ratios of Indirect to Direct Costs. *Professional Safety* 56(1): 39–47.
- Marras, W.S., and Davis, K.G. 1998. Spine Loading During Asymmetric Lifting Using One Versus Two Hands. *Ergonomics* 41(6): 817–834. DOI: [10.1080/001401398186667](https://doi.org/10.1080/001401398186667)
- McAtamney, L., and Corlett, E.N. 1993. RULA: a Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders. *Applied Ergonomics* 24(2): 91–99. DOI: [10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- Namwongsa, S., Puntumetakul, R., Neubert, M.S., Chaiklieng, S., and Boucaut, R. 2018. Ergonomic Risk Assessment of Smartphone Users Using The Rapid Upper Limb Assessment (RULA) Tool. *PLoS ONE* 13(8): 1–16. DOI: [10.1371/journal.pone.0203394](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203394)
- Niebel, B.W., and Freivalds, A. 1999. *Methods, Standards, and Work Design*. McGraw-Hill, Michigan, USA.

- Openshaw, S., and Taylor, E. 2006. *Ergonomics and Design A Reference Guide*. Allsteel Inc., Iowa, United States.
- Pope, D.P., Croft, P.R., Pritchard, C.M., Silman, A.J., and Macfarlane, G.J. 1997. Occupational Factors Related to Shoulder Pain and Disability. *Occupational and Environmental Medicine* 54(5): 316–321. DOI: [10.1136/oem.54.5.316](https://doi.org/10.1136/oem.54.5.316)
- Sakka, S., Chablat, D., Ma, R., and Bennis, F. 2015. Predictive Model of The Human Muscle Fatigue: Application to Repetitive Push-Pull Tasks With Light External Load. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation* 5(1): 81–97. DOI: [10.1504/ijhfms.2015.068124](https://doi.org/10.1504/ijhfms.2015.068124)
- UN Comtrade. 2019. United Nations Commodity Trade Statistics Database. <<https://comtrade.un.org/db/dqBasicQueryResults.aspx?px=H2&cc=3805&r=360>> (Jul. 17, 2020).
- Waters, T.R., Putz-Anderson, V., Garg, A., and Fine, L.J. 1993. Revised NIOSH Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Tasks. *Ergonomics* 36(7): 749–776. DOI: [10.1080/00140139308967940](https://doi.org/10.1080/00140139308967940)
- Yovi, E., Takimoto, Y., Ichihara, K., and Matsubara, C. 2005. Factors Affecting Workload and Work Efficiency in Pine Resin Harvesting Operations in Java's Plantation Forests. *Journal of The Japan Forest Engineering Society* 20(3): 141–150. DOI: [10.18945/jjfes.KJ00007485372](https://doi.org/10.18945/jjfes.KJ00007485372)
- Yovi, E.Y., and Nurrochmat, D.R. 2018. An Occupational Ergonomics in the Indonesian State Mandatory Sustainable Forest Management Instrument: A Review. *Forest Policy and Economics* 91: 27–35. DOI: [10.1016/j.forpol.2017.11.007](https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.11.007)
- Yovi, E.Y., and Prajawati, W. 2015. High Risk Posture on Motor-Manual Short Wood Logging System in Acacia mangium Plantation. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika (Journal of Tropical Forest Management)* 21(1): 11–18. DOI: [10.7226/jtfm.21.1.11](https://doi.org/10.7226/jtfm.21.1.11)
- Yovi, E.Y., Takimoto, Y., Ichihara, K., and Matsubara, C. 2006. A Study of Workload and Work Efficiency in Timber Harvesting by Using Chainsaw in Pine Plantation Forest in Java Island-Thinning Operation. *Applied Forest Science* 15(1): 23–31. DOI: [10.20660/applfor.15.1_23](https://doi.org/10.20660/applfor.15.1_23)