

Evaluasi Pemilihan Material pada Pemotong Kertas Manual Kapasitas Besar untuk Optimalisasi Desain Produk Lokal pada Komponen Pisau dan Rangka

Iswanto^{1*}, Agung Budy Wijoyo², Mulyadi³, A'rasy Fahrudin⁴

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jl. Raya Gelam No.250, Gelam, Kec. Candi, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding author: iswanto@umsida.ac.id

Abstract

This study aims to examine material selection for large-capacity manual paper cutters through a literature-based and secondary data approach, referring to the general configurations of existing products in the market. The focus is directed toward analyzing the technical characteristics of two key components—blade and frame—to formulate design recommendations for efficient, reliable, and cost-effective local products. The analysis emphasizes comparative technical evaluation of materials using a weighted decision matrix. The results indicate that materials such as D2 and SKD11 tool steels, along with solid low-alloy steels, offer superior performance for professional-grade products, but are not cost-efficient for small-scale enterprises. Alternative materials such as SK5 for the blade and AISI 1020 for the frame are considered to provide an optimal compromise between technical performance and cost efficiency, while also taking into account local availability and manufacturing simplicity. This study contributes to the redesign of manual paper cutters based on material engineering principles adapted to the needs of small- and medium-scale national industries.

Keywords: material selection, manual paper cutter, local product design, technical evaluation, blade and frame.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemilihan material pada pemotong kertas manual kapasitas besar melalui pendekatan berbasis literatur dan data sekunder, dengan mengacu pada konfigurasi umum produk yang telah tersedia di pasaran. Fokus diarahkan pada analisis karakteristik teknis material dua komponen utama—pisau dan rangka—guna merumuskan rekomendasi desain produk lokal yang efisien, andal, dan tetap ekonomis. Analisis difokuskan pada perbandingan teknis material secara komparatif dan evaluasi multi-kriteria melalui *weighted decision matrix*. Hasil menunjukkan bahwa material seperti baja perkakas D2 dan SKD11, serta baja paduan rendah solid, memberikan performa unggul pada produk profesional, namun tidak efisien secara biaya untuk skala UMKM. Alternatif material seperti SK5 untuk pisau dan AISI 1020 untuk rangka dinilai mampu memberikan kompromi optimal antara performa teknis dan efisiensi biaya, dengan tetap mempertimbangkan ketersediaan lokal dan kemudahan manufaktur. Kajian ini memberikan kontribusi terhadap perancangan ulang pemotong kertas berbasis prinsip rekayasa material yang adaptif terhadap kebutuhan industri nasional skala kecil dan menengah.

Kata kunci: pemilihan material, pemotong kertas manual, desain produk lokal, evaluasi teknis, pisau dan rangka.

1. Pendahuluan

Pemotong kertas merupakan perangkat utama dalam produksi dokumen, dari perkantoran hingga industri kreatif. Dikenal sebagai paper cutter atau guillotine cutter, alat ini hadir dalam berbagai tipe, dari manual hingga mesin presisi tinggi. Seiring meningkatnya kebutuhan efisiensi dan konsistensi hasil potong, terutama untuk jumlah besar hingga satu rim (± 500 lembar atau 50 mm), tuntutan terhadap alat yang tangguh dan presisi semakin tinggi [1].

Material konstruksi pada pemotong kertas, terutama pisau dan rangka, berperan penting dalam memastikan kekuatan

struktural, ketahanan aus, dan ketahanan bentuk jangka panjang. Performa pemotongan dipengaruhi tidak hanya oleh ketajaman pisau, tetapi juga oleh sifat fisik dan mekanik material seperti kekerasan, struktur mikro, dan perlakuan panas. Studi menunjukkan bahwa baja perkakas dengan kandungan karbon dan kromium tinggi memberikan keseimbangan optimal antara kekerasan dan ketangguhan untuk pemotongan berulang [1-3].

Struktur mikro seperti martensit halus dan presipitasi karbida homogen terbukti meningkatkan ketahanan aus dan stabilitas dimensi, sehingga memperpanjang umur pakai pisau [1], [4]. Sementara itu,

pemilihan material pada komponen non-pemotong seperti rangka juga memengaruhi akurasi dan kenyamanan operasional.

Kebutuhan pemotongan kini meluas dari kertas 70–80 gsm ke media seperti kertas minyak, film transparan, dan plastik laminasi ringan. Evaluasi material pemotong menjadi krusial. Studi menunjukkan bahwa media coating, blade clearance, dan pelapis pelindung sangat memengaruhi hasil potong pada film tipis seperti PVC, PET, dan akrilik [5], [6].

Pemotong kertas manual berkapasitas besar dapat dibedakan dalam dua kelas: profesional dan semi-profesional. Pada kelas semi-profesional, banyak produk dibuat melalui skema Original Equipment Manufacturer (OEM) atau Original Design Manufacturer (ODM), sehingga pelacakan material dan metode manufaktur menjadi kompleks [7]. Variasi standar mutu antar produsen turut meningkatkan variabilitas kinerja, dan manajemen material yang tidak konsisten pada lini OEM dapat menurunkan performa dan umur pakai alat [8].

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah minimnya kajian teknis yang komprehensif terkait pemilihan material untuk komponen kritis pemotong kertas manual kapasitas besar, terutama dalam konteks pengembangan produk lokal. Ketidakterbukaan spesifikasi material dari sebagian besar produk yang beredar di pasaran, menyulitkan proses identifikasi standar performa material yang digunakan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk merumuskan rekomendasi pemilihan material yang tepat dan terukur untuk mendukung desain produk lokal yang fungsional, andal, dan ekonomis.

2. Metode Penelitian

2.1 Alur metode penelitian.

Penelitian ini mengikuti alur metodologi yang terstruktur untuk mengevaluasi pemilihan material pada dua komponen utama pemotong kertas manual, yaitu pisau dan rangka. Diagram pada Gambar 2.1 berikut menggambarkan tahapan utama yang dilakukan dalam studi ini.

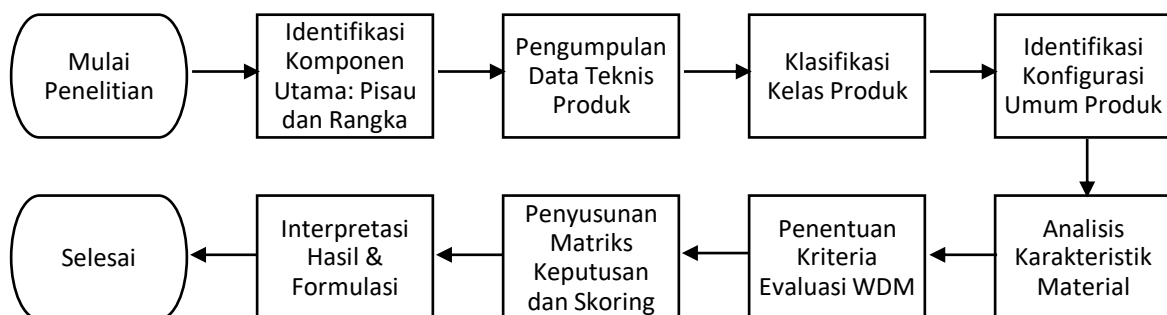
2.2 Pendekatan penelitian.

Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis literatur dan data sekunder, dengan fokus pada kajian karakteristik material dari pemotong kertas manual kapasitas besar. Meskipun merujuk pada konfigurasi umum dari produk yang tersedia di pasaran, studi ini tidak ditujukan untuk menganalisis merek tertentu secara rinci, melainkan untuk mengidentifikasi pola desain yang relevan bagi pengembangan produk lokal.

Pendekatan ini dipilih guna mengevaluasi pemilihan material dari sisi teknis dan fungsional, tanpa melibatkan pengujian laboratorium maupun simulasi numerik. Kajian difokuskan pada potensi optimalisasi pemilihan material pada komponen utama yaitu pisau dan rangka.

2.3 Sumber dan validasi data teknis.

Sumber data mencakup katalog produk, lembar data teknis material (material datasheet), jurnal ilmiah, dokumen paten, serta referensi desain dari manufaktur industri. Validitas informasi dijaga melalui seleksi ketat terhadap sumber-sumber yang memiliki kredibilitas dan legitimasi teknis.



Gambar 1. Alur metodologi penelitian

2.4 Tinjauan umum kelas produk pemotong kertas.

Analisis ini membandingkan dua kategori umum pemotong kertas manual berkapasitas besar sebagai referensi konfigurasi awal, yaitu produk kelas profesional (Ideal 4305, Dahle 846, Formax 15M) dan produk kelas semi-profesional (Vevor 17", CGOLDENWALL A4 Heavy Duty, HFS 17"). Meskipun tidak semua spesifikasi teknis tersedia secara terbuka, perbandingan ini bertujuan untuk:

- Mengidentifikasi kecenderungan pemilihan material dan kualitas manufaktur berdasarkan kelas produk.
- Menyusun kerangka hubungan antara harga jual, potensi metode fabrikasi, dan kebutuhan performa struktural, sebagai dasar untuk perancangan ulang yang adaptif terhadap kapasitas produksi lokal.

2.5 Parameter evaluasi material.

Evaluasi dilakukan berdasarkan sejumlah parameter teknis. Setiap parameter dianalisis dalam konteks fungsional dari masing-masing komponen, dikategorikan sebagai berikut:

- Sifat mekanik, meliputi kekuatan tarik, kekerasan, dan ketahanan fatigue terhadap beban siklik.
- Ketahanan lingkungan, mencakup ketahanan terhadap aus dan korosi.
- Kemampuan manufaktur, termasuk kemudahan pengerjaan (machinability), kemampuan dilas (weldability), dan efisiensi biaya produksi.

2.6 Teknik analisis: weighted decision matrix.

Penilaian material dilakukan menggunakan metode WDM, dengan tahapan sebagai berikut:

- Penetapan kriteria evaluasi berdasarkan kebutuhan fungsi tiap komponen (misalnya: pisau lebih menekankan kekerasan dan ketahanan aus, sementara rangka menekankan kekakuan dan kemudahan fabrikasi).
- Pemberian bobot pada setiap kriteria berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap performa.

- Pemberian skor kuantitatif terhadap alternatif material berdasarkan data teknis aktual.
- Skor total untuk setiap alternatif material dihitung dengan menggunakan metode WDM, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Skor\ Total = \sum_{i=1}^n w_i \cdot s_i$$

Keterangan:

- n : jumlah kriteria evaluasi
wi : bobot dari kriteria ke-i
si : skor performa terhadap kriteria ke-i
i : indeks penomoran kriteria (1, 2, ..., n)

2.7 Keterbatasan penelitian.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena tidak mencakup verifikasi empiris melalui uji laboratorium atau simulasi komputer. Oleh karena itu, hasil analisis diharapkan menjadi dasar awal untuk penelitian lanjutan yang bersifat eksperimental.

3. Hasil dan Pembahasan

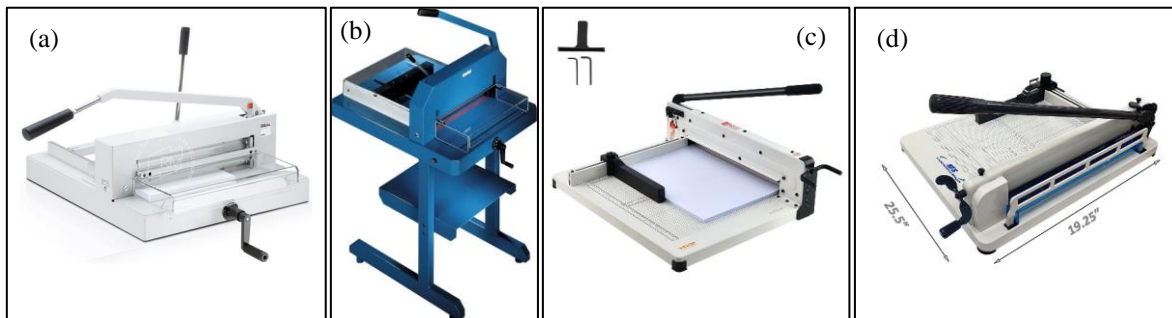
3.2 Klasifikasi dan spesifikasi teknis pemotong kertas manual.

Informasi material dari produsen umumnya terbatas, namun penekanan material paling sering diberikan pada bagian pisau dan rangka. Hal ini mengindikasikan bahwa aspek material pada kedua komponen tersebut memiliki peran penting dalam menentukan kinerja dan ketahanan produk. Tabel berikut menyajikan ringkasan spesifikasi teknis sebagai acuan untuk mengamati kecenderungan penggunaan material serta perbedaan karakteristik antar kelas produk.

Karena produsen tidak mengungkap detail material secara lengkap, analisis selanjutnya mengkaji material-material unggulan yang secara teknis paling mungkin digunakan pada produk kelas profesional, khususnya untuk pisau dan rangka, berdasarkan performa yang dibutuhkan dan praktik umum di industri.

Tabel 1. Spesifikasi teknis dan fitur utama pemotong kertas manual [9-16]

Model	Kelas	Daya Potong	Pisau	Rangka	Estimasi Harga
Ideal 4305		500 lbr	Solingen steel	Solid all-metal	±20 juta
Dahle 846	Profesional	500 lbr	Solingen steel	Sturdy metal	±26 juta
Formax 15M		700 lbr	Hardened steel	Solid steel blade carrier + all-metal base	±30 juta
Vevor 17"		400 lbr	Hardened steel	Solid steel base	±2,6 juta
CGOLDENWALL A4 Heavy Duty	Semi-profesional	400 lbr	High-speed steel	Solid all-metal	±5,5 juta
HFS 17"		400 lbr	Hardened steel	Heavy-duty steel base	±4,5 juta



Gambar 2. Visual perbandingan fisik pemotong kertas manual: (a) Ideal 4305, (b) Dahle 846, (c) Vevor 17", (d) HFS 17" [10-13]

3.3 Analisis material pisau pemotong.

Pemilihan material pisau harus mempertimbangkan keseimbangan antara kekerasan, ketangguhan, dan ketahanan aus. Produk dalam kategori profesional umumnya menggunakan baja perkakas berkarbon dan berkromium tinggi seperti D2 atau SKD11, yang telah melalui perlakuan panas presisi untuk menghasilkan struktur martensitik halus dan presipitasi karbida homogen [17-19].

Kombinasi ini memberikan kekerasan tinggi (± 60 HRC) serta stabilitas dimensi dalam siklus pemotongan berulang [20]. Studi menunjukkan bahwa pisau dari baja D2 dapat mempertahankan ketajaman hingga lima kali lebih lama dibanding baja karbon umum [21]. Studi lain menunjukkan bahwa baja perkakas tipe D2 memiliki ketahanan aus hingga 2,5 kali lipat

dibanding baja karbon biasa dalam pemotongan media termoplastik [22].

Tabel 2. Estimasi material pisau pada produk profesional [17-23]

Material Pisau (estimasi)	Kekerasan (HRC)	Karakteristik Utama
D2	58–62	Ketahanan aus tinggi, struktur martensitik halus, resipitasi karbida
SKD11	60–62	komogen, ketajaman bertahan lama

3.4 Analisis material rangka pemotong kertas.

Rangka harus memiliki kombinasi optimal antara kekakuan struktural, ketahanan terhadap deformasi, dan kemampuan meredam getaran. Stabilitas geometri rangka berperan langsung dalam

menjaga presisi pemotongan. Pada pemotong kertas profesional, digunakan material seperti besi tuang dan baja paduan rendah berkekuatan tinggi, seperti AISI 4140.

Besi tuang dikenal memiliki kapasitas redaman vibrasi yang tinggi, menjadikannya ideal untuk aplikasi presisi. Studi menyebutkan bahwa kemampuan redaman getaran pada besi tuang mencapai enam kali lipat dibandingkan baja lunak, sehingga mampu mengurangi fluktuasi gaya pemotongan yang dapat mengganggu akurasi [24-27].

Di sisi lain, AISI 4140 menawarkan kekuatan tarik tinggi dan ketahanan terhadap pembebanan siklik, serta dapat ditingkatkan melalui perlakuan panas untuk menyesuaikan kekakuan dan keuletan struktural [28].

Tabel 3. Estimasi material rangka pemotong kertas profesional [24-31]

Material (estimasi)	Besi Tuang (Cast Iron)	AISI 4140 (Baja Paduan)
Kekuatan Tarik (MPa)	200–400 MPa	655–950
Modulus Elastisitas (GPa)	100–130	200–210
Redaman Getaran	Sangat tinggi	Sedang
Ketahanan Deformasi	Tinggi	Sangat tinggi
Biaya (relatif)	Sedang	Tinggi

3.5 Optimalisasi material pisau: alternatif ekonomis berbasis sifat material.

Baja D2 dan SKD11 memiliki kekerasan tinggi dan ketahanan aus yang sangat baik, namun kedua jenis baja tersebut memiliki harga bahan dasar dan biaya perlakuan panas yang relatif tinggi [32]. Sebagai solusi untuk segmen kelas menengah dan ekonomis, baja SK5 dan D6 dipandang sebagai alternatif yang layak.

Keduanya merupakan baja karbon tinggi dengan kandungan karbon di atas 0,80%, yang mampu mencapai kekerasan akhir dalam kisaran 57–62 HRC setelah

perlakuan panas konvensional seperti quenching dan tempering [33], [34]. Baja SK5, yang secara internasional dikenal setara dengan W108 atau SAE 1085, menawarkan kombinasi antara ketajaman, kekerasan, dan kemudahan fabrikasi [35], [36].

Sifat martensitik yang terbentuk pasca perlakuan panas memberikan karakteristik potong yang memadai untuk aplikasi berulang pada material rendah abrasi, seperti kertas dan plastik tipis. Meskipun distribusi karbida pada SK5 tidak seoptimal D2, struktur mikronya masih mampu menahan deformasi mikro selama siklus pemotongan normal dalam kondisi non-abrasif [37].

Sementara itu, baja D6 menghadirkan keunggulan dalam hal ketahanan aus jangka panjang berkat kandungan kromium tinggi dan distribusi karbida yang lebih padat [38], [39]. Kekerasan yang dicapai setelah perlakuan panas dapat melampaui 62 HRC, menjadikannya lebih sesuai untuk lingkungan kerja dengan tingkat abrasi yang lebih tinggi [38], [40].

Akan tetapi, karakter D6 yang cenderung getas menuntut desain geometri pisau dan sistem pendukung yang dapat meminimalkan konsentrasi tegangan lokal, terutama dalam pemakaian jangka panjang atau beban kejut [38].

Keunggulan dari SK5 dan D6 juga terletak pada kompatibilitasnya terhadap proses fabrikasi skala menengah. Keduanya dapat dikerjakan menggunakan metode pemesinan konvensional seperti pemotongan, pengasahan, dan perlakuan panas standar tanpa memerlukan proses lanjutan seperti cryogenic treatment yang umum pada baja perkakas premium [35], [38]. Hal ini memungkinkan efisiensi biaya produksi sekaligus fleksibilitas manufaktur di tingkat UMKM maupun industri lokal [35].

Sebagai strategi peningkatan performa tanpa mengganti material dasar, pelapisan permukaan seperti Titanium Nitride (TiN) atau black oxide dapat

diterapkan untuk meningkatkan kekerasan mikro dan ketahanan terhadap aus. Pelapisan TiN secara signifikan menambah kekerasan permukaan hingga di atas 70 HRC serta menurunkan koefisien gesek bilah, yang berdampak pada peningkatan umur pakai dan kestabilan dimensi selama siklus pemotongan [41].

Bahkan, bila menggunakan baja karbon biasa sebagai substrat, penerapan pelapis ini dapat menghasilkan performa

yang kompetitif dalam aplikasi pemotongan ringan–menengah dengan biaya total yang tetap terkendali [41].

Dari perspektif pasokan dan produksi, SK5 dan D6 memiliki keunggulan strategis berupa ketersediaan luas di pasar domestik serta kemudahan dalam pengadaan dan pengolahan. Keduanya dapat difabrikasi dengan peralatan industri ringan hingga menengah, tanpa memerlukan investasi pada mesin presisi tinggi [42].

Tabel 4. Perbandingan material pisau alternatif untuk produk kelas ekonomis [32-42]

Material	Kekerasan (HRC)	Ketahanan Aus	Kemudahan Fabrikasi	Kompatibilitas Coating	Ketersediaan Lokal	Catatan Teknis
SK5 (baja karbon tinggi)	57–62	Sedang	Tinggi	Sangat baik (TiN, black oxide)	Tinggi	Mudah dikerjakan, cocok untuk aplikasi ringan-menengah, efisien secara biaya
D6 (baja perkakas kromium tinggi)	>62	Tinggi	Sedang	Baik	Sedang	Sangat keras dan tahan aus, namun cenderung getas; cocok untuk beban abrasi lebih tinggi
Baja karbon biasa + TiN	~55 (dengan lapisan TiN >70 pada permukaan)	Sedang–tinggi (berkat coating)	Sangat tinggi	Optimal (TiN)	Sangat tinggi	Solusi ekonomis; cocok untuk pemotongan ringan dengan frekuensi sedang

3.6 Rangka ekonomis: fokus pada kekakuan dan ketersediaan material.

Untuk segmen ekonomis, disarankan menggunakan baja karbon padat seperti AISI 1020 atau S20C yang dapat dibentuk dengan pemotongan plasma dan pengelasan MIG [43]. Dengan penyesuaian desain penampang dan penambahan sistem pengaku, kekakuan struktural dapat ditingkatkan tanpa menambah bobot atau biaya berlebih, sehingga umur pakai dan presisi operasional tetap terjaga dalam jangka menengah hingga panjang.

Dari sisi karakteristik material, AISI 1020 termasuk dalam kelompok baja karbon rendah hingga menengah dengan kandungan karbon sekitar 0,20%, yang menawarkan kombinasi antara kekuatan tarik moderat (sekitar 410–440 MPa), daktilitas tinggi, dan kemudahan fabrikasi [43], [44]. Sifat ini menjadikannya kandidat ideal untuk aplikasi struktural pada mesin ringan hingga menengah. Keuntungan lainnya adalah ketersediaan luas dan biaya produksi yang

kompetitif, khususnya dalam skala manufaktur lokal.

Sebagai perbandingan, material seperti besi tuang (cast iron) memang memiliki kekakuan dan kemampuan redaman vibrasi yang unggul, namun kurang cocok untuk produksi ekonomis karena proses pengecorannya lebih mahal, memerlukan cetakan khusus, dan sulit dimodifikasi pasca-produksi [45], [46].

Di sisi lain, baja paduan tinggi seperti AISI 4140 menawarkan kekuatan jauh lebih besar (hingga 950 MPa), tetapi secara biaya dan kompleksitas perlakuan panas menjadi tidak proporsional untuk segmen pasar ekonomis [47], [48].

Alternatif lain seperti baja hollow struktural tipe ASTM A500 Grade B juga dapat dipertimbangkan, terutama untuk aplikasi yang memerlukan kompromi antara kekuatan dan penghematan berat [49].

Pemilihan material mempertimbangkan ketahanan terhadap deformasi jangka panjang akibat beban

dinamis dan lingkungan kerja. Dalam hal ini, baja karbon struktural seperti AISI 1020 memiliki ketahanan terhadap kelelahan yang memadai dalam kondisi pemakaian

normal, terutama jika permukaannya dilindungi dari korosi melalui pelapisan cat industri atau powder coating [50].

Tabel 5. Perbandingan teknis material rangka pemotong kertas kelas ekonomis [43-50]

Material Rangka	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)	Redaman Getaran	Kemudahan Fabrikasi	Biaya Produksi	Catatan Teknis
AISI 1020	410–440	205	Sedang	Sangat baik	Rendah–Sedang	Baja karbon menengah; cocok untuk pengelasan dan pemotongan presisi
Cast Iron (FC250)	200–350	100–120	Sangat baik	Rendah	Tinggi	Redaman vibrasi unggul; proses cor mahal dan minim fleksibilitas fabrikasi
AISI 4140	850–950	210	Sedang	Sulit (perlakuan panas wajib)	Tinggi	Baja paduan tinggi; kekuatan tinggi tetapi tidak efisien untuk produk ekonomis
Hollow steel (ASTM A500 Gr. B)	400–550	~200	Rendah–Sedang	Sangat baik	Rendah	Struktur ringan; perlu penegar tambahan untuk mencapai kekakuan optimal

3.7 Evaluasi kuantitatif material berdasarkan kriteria teknis dan ekonomis.

SK5 menunjukkan performa teknis yang cukup memadai dengan keunggulan pada aspek biaya dan ketersediaan lokal. Hal ini menjadikannya kandidat ideal untuk

segmentasi produk menengah ke bawah. AISI 1020 menawarkan titik keseimbangan terbaik antara kekakuan struktural, biaya produksi, dan kemudahan fabrikasi, menjadikannya rekomendasi utama untuk segmen ekonomis.

Tabel 6. Matriks evaluasi material pisau

Kriteria	Bobot (%)	D2	SKD11	SK5	D6	Baja karbon + TiN
Kekerasan	25	5	5	4	4	4
Ketahanan aus	25	5	5	3	4	4
Biaya bahan & proses	20	2	2	5	4	4
Ketersediaan lokal	15	3	3	5	4	5
Kemudahan perlakuan panas	15	3	3	4	4	3
Skor Total (0–5)	—	4.00	4.00	4.15	4.10	4.10

Tabel 7. Matriks evaluasi material rangka

Kriteria	Bobot (%)	Cast Iron	AISI 4140	AISI 1020	Hollow Steel	Kriteria
Kekakuan struktural	30	5	5	4	2	Kekakuan struktural
Peredaman getaran	20	5	4	3	2	Peredaman getaran
Biaya material & produksi	20	2	3	5	5	Biaya material & produksi
Ketersediaan lokal	15	3	3	5	5	Ketersediaan lokal
Kemudahan fabrikasi	15	2	3	5	5	Kemudahan fabrikasi

4. Kesimpulan

Baja SK5 dan AISI 1020 direkomendasikan untuk pisau dan rangka pada pemotong kertas manual kapasitas

besar. Material ini menunjukkan keseimbangan antara sifat mekanik yang memadai, ketersediaan di pasar domestik, serta kompatibilitas dengan proses

manufaktur sederhana. Kombinasi bahan dan teknik fabrikasi tersebut mampu mengoptimalkan produk lokal agar mendekati standar industri dalam hal daya tahan dan presisi.

Referensi

- [1] Q. Zhang, F. Liu, D. Wu, S. Qu, W. Liu, and Z. Chen, "A Comprehensive Understanding of Knife Cutting: Effects of Hardness, Blade Angle and the Micro-Geometry of Blade Edge on the Cutting Performance," *Materials (Basel)*, vol. 16, no. 15, p. 5375, 2023, doi: 10.3390/ma16155375.
- [2] F. Z. Arrakhiz, M. Elachaby, R. Bouhfid, S. Vaudreuil, M. Essassi, and A. Qaiss, "Mechanical and thermal properties of polypropylene reinforced with Alfa fiber under different chemical treatment," *Mater. Des.*, vol. 35, 2012, doi: 10.1016/j.matdes.2011.09.023.
- [3] Iswanto, Pratama, R.W., Mulyadi., 2025. Proses Manufaktur Mesin Pemotong Kertas (Paper Cutter) Menggunakan Modifikasi Motor Listrik Kapasitas 20 Kg/Jam. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 254-262.
- [4] A. Dubey and V. Yadava, "Experimental study of Nd:YAG laser beam machining—An overview," *J. J. Mater. Process. Technol.*, vol. 195, no. 1–3, 2008, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2007.05.041.
- [5] C. Wu, M. Li, Y. Huang, and Y. Rong, "Cutting of polyethylene terephthalate (PET) film by 355 nm nanosecond laser," *Opt. Laser Technol.*, vol. 133, p. 106565, 2021, doi: 10.1016/j.optlastec.2020.106565.
- [6] M. A. Butt, "Thin-Film Coating Methods: A Successful Marriage of High-Quality and Cost-Effectiveness—A Brief Exploration," *Coatings*, vol. 12, no. 8, 2022, doi: 10.3390/coatings12081115.
- [7] A. Ayodele, "OEM vs ODM Manufacturing: A Comprehensive Technical Guide for Engineers," *Wevolver*. Accessed: Jul. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.wevolver.com/article/oem-vs-odm-manufacturing-a-comprehensive-technical-guide-for-engineers>
- [8] Z. Z. N. Hassan Murshid and S. Z. Ismail, "Investigating Efficiency of Materials Management at Original Equipment Manufacturer (OEM)," *J. Mod. Manuf. Syst. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 18–25, 2022, doi: 10.15282/jmmst.v6i2.8559.
- [9] OfficeSource, "CGOLDENWALL A4 Industrial Paper Cutter Heavy Duty Paper Guillotine," *OfficeSource*. Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.officesource.co.uk/cgoldenwall-a4-industrial-paper-cutter-heavy-duty-paper-guillotine/>
- [10] Richter & Menzel GmbH, "IDEAL 4305 Guillotine, Manual," *Richter & Menzel GmbH*. Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.richter-menzel.de/en/Cutters-and-guillotines/Cutting-automats-and-guillotines/Professional-guillotines/4295/IDEAL-4305-guillotine-manual>
- [11] VEVOR, "https://www.vevor.com/paper-cutter-c_10879/vevor-paper-cutter-17-a3-guillotine-paper-trimmer-400-sheet-capacity-metal-base-p_010236365577," *VEVOR*. Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: https://www.vevor.com/paper-cutter-c_10879/vevor-paper-cutter-17-a3-guillotine-paper-trimmer-400-sheet-

- capacity-metal-base-
p_010236365577
- [12] HFS (Hardware Factory Store), "HFS 17" Heavy Duty Guillotine Paper Cutter," HFS (Hardware Factory Store). Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.hfsusa.com/products/17-heavy-duty-guillotine-paper-cutter>
- [13] Dahle North America Inc., "Dahle 846," Dahle North America, Inc. Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.dahle.com/trimmer/item/846>
- [14] SimplyIdeal, "4305 + 4315 Cutter Knife," SimplyIdeal. Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://simplyideal.net/product/4305-4315-cutter-knife/>
- [15] Formax Machines, "Formax Cut-True 15M 16.9" Manual Guillotine Paper Cutter," Formax Machines. Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://formax-machines.com/products/formax-cut-true-15m-16-9inch-manual-guillotine-paper-cutter>
- [16] Novus Dahle GmbH, "DAHLE 846 Heavy-Duty Stack Cutter," Novus Dahle GmbH. Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.novus-dahle.com/en/product/dahle-846/>
- [17] Qilu Toolsteel Group, "Understanding D2 Tool Steel Hardness: A Comprehensive Guide," Qilu Toolsteel Group. Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://qilu-toolsteel.com/understanding-d2-tool-steel-hardness-a-comprehensive-guide/>
- [18] I. K. Husain, A. M. Burakhis, and M. M. Salem, "The Effect of Cryogenic Treatment on Wear Resistance and Hardness of Tool Steel AISI D2," *Int. J. Eng. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 39–43, 2024, doi: 10.36602/ijeit.v4i1.393.
- [19] F. Kara, M. Karabatak, M. Ayyıldız, and E. Nas, "Effect of Machinability, Microstructure, and Hardness of Deep Cryogenic Treatment in Hard Turning of AISI D2 Steel With Ceramic Cutting," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 969–983, 2020, doi: 10.1016/j.jmrt.2019.11.037.
- [20] M. Algarni, "Mechanical Properties and Microstructure Characterization of AISI 'D2' and 'O1' Cold Work Tool Steels," *Metals (Basel)*, vol. 9, no. 1, p. 1169, 2019, doi: 10.3390/met9111169.
- [21] Fushun Special Steel Co. Ltd., "AISI D2 Cold Work Tool Steel Application Analysis," Fushun Special Steel Co., Ltd. Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.fushunspecialsteel.com/aisi-d2-cold-work-tool-steel-application-analysis/>
- [22] K. Singh, R. Khatirkar, and S. Sapate, "Microstructure Evolution and Abrasive Wear Behavior of D2 Steel," *Wear*, vol. 328–329, pp. 206–216, 2015, doi: 10.1016/j.wear.2015.02.019.
- [23] Global Fastener Platform, "Steel Hardness HRC Comparison," Global Fastener Platform. Accessed: Jul. 04, 2025. [Online]. Available: https://www.globalfastener.com/article/detail_26091.html
- [24] S. A. Golovin, G. D. Petrushin, V. A. Kuzmenko, and N. N. Pis'mennyi, "Damping capacity of cast iron with different shapes of graphite inclusions," *Manuf. Technol. (Journal Manuf. Technol.)*, vol. 19, no. 5, pp. 792–796, 2019, doi: 10.21062/ujep/373.2019/a/1213-2489/MT/19/5/792.
- [25] Atlas Foundry Company Inc., "Mechanical Properties of Gray Iron

- Damping Capacity,” Atlas Foundry Company, Inc. Accessed: Jul. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.atlasfdry.com/grayiron-damping.htm>
- [26] J. Peng, R. G. Hunter, and R. D. Bannister, “Machine Base with Improved Damping Properties,” US20090317236A1, 2009 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US20090317236A1>
- [27] P. Kováčiková, J. Vavro, J. Vavro Jr., and A. Dubec, “Measuring of Vibration-Damping Properties of Cast Iron,” *Manuf. Technol.*, vol. 18, no. 1, pp. 57–59, 2018, doi: 10.21062/ujep/53.2018/a/1213-2489/MT/18/1/57.
- [28] AZoM (AZoNetwork), “AISI 4140 Alloy Steel (UNS G41400),” AZoM (AZoNetwork). Accessed: Jul. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6769>
- [29] Fushun Special Steel Co. Ltd., “AISI 4140 Alloy Steel,” Fushun Special Steel Co. Ltd. Accessed: Jul. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.fushunspecialsteel.com/aisi-4140-alloy-steel/>
- [30] N. S. Hadi and M. A. Azis, “Material Damping Characteristics of Steel, Aluminum and Cast Iron,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, 2020. doi: 10.1088/1757-899X/765/1/012011.
- [31] R. Fisher, “Cast Iron: Properties, Types, and Uses,” Reliance Foundry Co. Ltd. Accessed: Jul. 04, 2025. [Online]. Available: https://www.reliance-foundry.com/blog/cast-iron?srsId=AfmBOop0JL-oFBgj-U7gWzKsgoCRmkWu0xwNA12_bJ0FJnAkDWDYGiS7
- [32] F. D. Ramos, J. de O. Bairros, and M. F. C. Moscoso, “Deep Cryogenic Treatment in AISI D2 Tool Steel Punches to Enhance Tool Life,” *Tecnol. em Metal. Mater. e Mineração*, vol. 18, pp. 1–7, 2021, doi: 10.4322/2176-1523.20212442.
- [33] Suzhou CHISEN Tools Co. Ltd., “What is SK-5 Steel – Chinese Manufacturer of Knife & Cutter – Chisen Tools,” Suzhou CHISEN Tools Co., Ltd. Accessed: Jul. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.chisentools.com/resources/sk5-steel.html>
- [34] Aobo Steel (Huangshi Aobo Mould Material Co. Ltd.), “D6 Tool Steel | 1.2436 | SKD2 – Aobo Steel,” Aobo Steel (Huangshi Aobo Mould Material Co., Ltd.). Accessed: Jul. 06, 2025. [Online]. Available: <https://aobosteel.com/d6-tool-steel/>
- [35] Metal Zenith (Metal Zenith Blogs), “SK5 Steel: Properties and Key Applications Overview,” Metal Zenith (Metal Zenith Blogs). Accessed: Jul. 06, 2025. [Online]. Available: <https://metalzenith.com/blogs/steel-properties/sk5-steel-properties-and-key-applications-overview>
- [36] Steel Data (SteelData.info), “Bohler W108 Steel – Steel Data (Diagram No. 7217),” Steel Data (SteelData.info). Accessed: Jul. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.steeldata.info/std/demo/demo/data/7217.html>
- [37] M. Tu, C. Hsu, W. Wang, and Y. Hsu, “Comparison of Microstructure and Mechanical Behavior of Lower Bainite and Tempered Martensite in JIS SK5 Steel,” *Mater. Chem. Phys.*, vol. 107, no. 2, pp. 418–425, 2008, doi: 10.1016/j.matchemphys.2007.08.017 .

- [38] MFG Shop (MachineMfg), “Comprehensive Guide to D6 Tool Steel: Composition, Properties, and Uses,” MFG Shop (MachineMfg). Accessed: Jul. 06, 2025. [Online]. Available: <https://shop.machinemfg.com/comprehensive-guide-to-d6-tool-steel-composition-properties-and-uses/>
- [39] Society of Manufacturing Engineers (SME), Tool and Manufacturing Engineers Handbook, 4th editio. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers (SME), 1983.
- [40] M. Al Awadh, R. Kumar, O. İynen, M. Rafighi, M. Özdemir, and A. Pandey, “Machinability Comparison of TiCN-Al₂O₃-TiN, TiAlN-TiN, and TiAlSiN Coated Carbide Inserts in Turning Hardened AISI 4340 Steel Using Grey-Crow Search Hybrid Optimization,” *Metals* (Basel), vol. 13, no. 5, p. 973, 2023, doi: 10.3390/met13050973.
- [41] A. Cakan, V. Ozkaner, and M. M. Yildirim, “Quantifying Cutting and Wearing Behaviors of TiN- and CrN-Coated AISI 1070 Steel,” *Sensors* (Basel), vol. 8, no. 11, pp. 6984–6998, 2008, doi: 10.3390/s8116984.
- [42] M. Nayak, R. Sehgal, and R. K. Sharma, “Mechanical Characterization and Machinability Behavior of Annealed AISI D6 Cold Working Steel,” *Indian J. Mater. Sci.*, vol. 2015, pp. 1–12, 2015, doi: 10.1155/2015/196178.
- [43] AZoM (AZoNetwork), “AISI 1020 Low Carbon/Low Tensile Steel,” AZoM (AZoNetwork). Accessed: Jul. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6114>
- [44] S. T. Alweendo, M. Morita, K. Hasegawa, and S. Motoda, “Fatigue Properties of Hot-Dip Galvanized AISI 1020 Normalized Steel in Tension–Compression and Tension–Tension Loading,” *Materials* (Basel), vol. 14, no. 23, p. 7480, 2021, doi: 10.3390/ma14237480.
- [45] Nick, “Best Materials Vibration Damping CNC Machining,” Huizhou Tianjie Technology Co., Ltd. Accessed: Jul. 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.timaycnc.com/blog/best-materials-vibration-damping-cnc-machining/>
- [46] Luokaiwei, “Carbon Steel vs Cast Iron: Strength, Corrosion Resistance & Cost Comparison,” Shanxi Jincheng Jingan Luokaiwei Steel Pipe Co., Ltd. Accessed: Jul. 13, 2025. [Online]. Available: <https://luokaiweisteel.com/carbon-steel-vs-cast-iron-strength-corrosion-resistance-cost-comparison.html%0A>
- [47] B. Behrens, K. Brunotte, T. Petersen, and J. Diefenbach, “Mechanical and Thermal Influences on Microstructural and Mechanical Properties during Process-Integrated Thermomechanically Controlled Forging of Tempering Steel AISI 4140,” *Mater.*, vol. 13, no. 24, p. 5772, 2020, doi: 10.3390/ma13245772.
- [48] T. K. Nagaraja, “Investigation of the Effect of Mechanical Properties and Influence of Heat Treatment on AISI 4140 Steel,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, 2021. doi: 10.1088/1757-899X/1013/1/012008.
- [49] ASTM International, “Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes (ASTM A500/A500M-21),” West Conshohocken, PA, 2021. doi: 10.1520/A0500_A0500M-21.

- [50] S. M. Matar, A. Yousef, A. M. Bastaweesy, I. Y. Qudsieh, and I. M. Maafa, "Enhancement in Corrosion Resistance of Low-Carbon Steel via Surface Modification," *Coatings*, vol. 14, no. 12, p. 1518, 2024, doi: 10.3390/coatings14121518.