

Optimasi Penanganan Geram Melalui *Compaction* pada Mesin Pres Hidrolik

Petrus Londa^{1*}, Waluyo M. Bintoro², Ilham Azmy³, Irfan Maulana⁴, Duran Hore⁵

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung

Jl. Geger Kalong Hilir Ds. Ciwaruga Bandung 40012 Telp. (022) 2013789

⁵Departemen Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang

Lasiana, Kec. Klp. Lima Kota Kupang 85258 Telp (0380) 881245 NTT.

*E-mail: petruslonda@yahoo.com

Diajukan: 13-09-2024; Diterima: 02-12-2024; Diterbitkan: 21-12-2024

Abstrak

Geram adalah serpihan material dari suatu produk atau benda kerja pada proses pemesinan. Bentuk geram sangat bervariasi tergantung kepada jenis material benda kerja, geometri alat potong dan kondisi pemotongan. Dalam jumlah banyak, geram masih dapat diproses lebih lanjut sebagai bahan baku pada pengecoran logam atau sebagai bahan aditif pada produk lainnya. Keterbatasan tempat penyimpanan dan bentuk geram yang bervariasi serta laju penghasilan geram yang sangat tinggi akan menimbulkan persoalan, oleh sebab itu perlu ada suatu usaha sehingga geram dapat disimpan dalam bentuk padatan yang kuat dan beraturan atau pun dalam bentuk serpihan yang lebih kecil. Hal ini dapat dicapai melalui proses *compaction*. Studi ini mengevaluasi geram dari tiga jenis material yang berbeda, yaitu St 37, *stainless steel* dan S45C masing-masing ditekan di dalam sebuah *square hole* dengan ukuran 70 mm x 70 mm x 235 mm pada tekanan 4 ton. Metode ini dapat menghasilkan pemadatan untuk St 37 sampai dengan 81.26%, *stainless steel* 79.72%, dan S45C 97.64% dari volume penyimpanan awal.

Kata kunci: aditif; densitas; geram; material; pemadatan

Abstract

Chips are flakes of material from a workpiece or a product what produced during machining process. The varies shape of the chips greatly depending on the type of workpiece material, cutting tool geometry and cutting conditions. In large quantities, it still can be processed further more as raw material in metal castings or as an additive in other products. The Limitations of storage space and the varied forms of chips as well as the very high rate of chips production will cause problems, therefore needed an effort so that the chips can be stored in the form as a strong and regular solid or in the form of smaller flakes. This can be achieved using a compaction process. This study evaluates the chips of three different types of materials, namely St 37, stainless steel and S45C, each pressed in a square hole with dimensions of 70 mm x 70 mm x 235 mm at 4 tons pressure. This method can produce the compaction for St 37 up to 81.26%, stainless steel 79.72%, and S45C 97.64% of the initial storage volume.

Key words: additive, compaction, chips, density, material

1. Pendahuluan

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan teknologi dibidang manufaktur, maka pembuatan produk berkualitas dibidang pemesinan menjadi hal yang sangat penting. Pada proses ini cairan pendingin diperlukan untuk mendinginkan produk, namun akibat dari proses tersebut akan menghasilkan limbah serpihan logam (geram) dengan bentuk yang bervariasi dan cairan pendingin yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Limbah-limbah tersebut jika tidak ditangani secara terorganisir akan menimbulkan penumpukan, seperti diperlihatkan dalam Gambar 1 dan ketidak nyamanan serta bau busuk dari cairan pendingin yang menempel pada geram [1], namun karena kandungan logamnya sangat tinggi dan memiliki nilai ekonomis maka geram masih dikumpulkan [2]. Persoalan utama dalam pemanfaatan kembali geram adalah ruang penyimpanan yang luas, geram terkontaminasi *cooling liquid* dan kerugian akibat oksidasi ketika melewati dapur listrik [3]. Upaya-upaya lanjutan perlu dikembangkan agar geram dapat disimpan dengan rapih sebelum dimanfaatkan kembali. Pada penelitian ini, penanganan geram dengan kategori *metal cutting chips of the turning process* dilakukan dengan cara penekanan pada sebuah *square hole* sehingga geram dipadatkan dalam ukuran tertentu atau hancur dalam

bentuk serpihan yang lebih kecil dengan menggunakan mesin *press* hidrolik, cara ini dapat meningkatkan densitas geram sehingga memungkinkan proses peleburan lebih efektif.



Gambar 1. Penyimpanan geram.

1.1. Geram

Geram atau *metal chips* dapat diklasifikasikan menjadi *cutting chips* dan *grinding swarf*, volume penghasilan geram tersebut dapat mencapai 15 sampai 30 kali lebih besar dari volume *raw material* sebelum proses pemesinan [4]. Selain itu volume penghasilan geram dari proses bubut dan mesin-mesin CNC dapat mencapai 1200 juta ton per tahun dan sulit untuk didaur ulang [5]. Banyak metode yang digunakan untuk mengumpulkan geram mulai dari metode yang sederhana seperti menggunakan kuwas dan sapu sampai dengan menggunakan teknologi seperti *pneumatic chip collector*, *conveyor* dan yang terakhir yang dilakukan oleh Chate R Ganesh, dkk. pada 2017, yaitu menggunakan *magnetic chip collector* [6]. Bentuk geram sangat bervariasi, tergantung pada *cutting conditions*, *type of workpiece material machined*, *grade of the tool*, *geometry of cutting*, dll. [7][8]. Ali H. Moaz, dkk [9] mendeskripsikan geram ke dalam empat kelompok, yaitu (1) *Continuous chips*, (2) *Continuous with Built-up Edge (BUE)*, (3) *Discontinuous chips* (4) *Serrated chips*. Sedangkan George Schneider menguraikan dalam artikelnya yang diterbitkan oleh *American Machinist* pada 2009 [10] bahwa sifat ketermesinan material atau *Machinability of Metals* sangat tergantung kepada *condition and physical properties* dari material, dia juga menunjukkan bentuk-bentuk geram dari beberapa jenis material hasil proses pemesinan seperti pada Gambar 2.



(1) *Brass chips*.



(2) *Tool Steel chips*.



(3) *1045 Steel chips*.

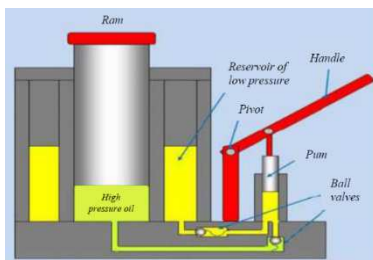
Gambar 2. Beberapa jenis geram.

Usaha merapikan penyimpanan dan pemanfaatan kembali geram sudah dilakukan oleh Indah Nur dan Baehaqi Mus pada 2017 [11], beliau berdua membuat mesin pres hidrolik dengan ruang kompresi berbentuk persegi sehingga hasil geram yang dipres dapat disimpan dengan rapih. Sedangkan usaha pemanfaatan kembali geram sudah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya, Johansson Jacob, dkk, pada 2017 [12], mereka melakukan *compaction* dan *hot forging* pada geram dari material kuningan untuk suatu keperluan penyelesaian *project pipe bend* dengan sudut 90°. Khamis S.

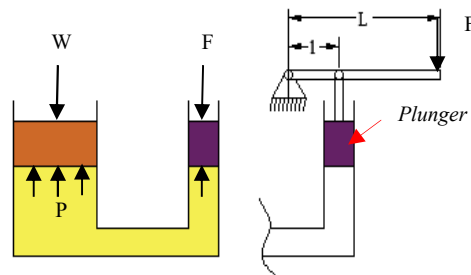
S., dkk., pada 2015 mendaur ulang geram dari material aluminium AA6061 dengan menggunakan metode *hot press forging* [13], sedangkan Rahim S. N., dkk. juga pada tahun 2015 melakukan *overview* terhadap *trend* dan *concept* yang muncul untuk mendaur ulang produk berbahan dasar aluminium dengan menggunakan metode *hot extrusion* [14]. Selain itu, Jordon J. B. mendaur ulang *chips* untuk dijadikan bahan *additive* dengan cara digiling menggunakan batang *screw* sampai *chips* menjadi lembut dan membentuk layer-layer dan pada akhirnya memadat menjadi satu [15]. Pemanfaatan *additive* ini sudah dilakukan oleh Çağatay Aslan, dkk. pada 2023 [16] sebagai bahan tambah pada pengecoran beton bertulang.

1.2. Mesin pres hidrolik

Hidrolik adalah sebuah peralatan mekanik yang digunakan untuk mengangkat atau memadatkan suatu objek pekerjaan, bentuk dan ukuran peralatan ini disesuaikan dengan fungsi dan lingkungan dimana peralatan ini akan ditempatkan. Pres hidrolik merupakan sebuah alat untuk memproduksi gaya tekan melalui zat cair, cara kerjanya menggunakan prinsip Pascal bahwa tekanan dalam ruangan tertutup adalah konstan [17]. Maksimum gaya yang dihasilkannya merupakan *standard mechanical level*, alat ini ditemukan oleh Joseph Bramah pada 1795, peralatan ini dikenal juga dengan nama *Bramah press* [18]. Secara prinsip mekanisme hidroliknya ditunjukkan dalam Gambar 3 [19], dari gambar tersebut kita dapat menguraikan gaya-gayanya berdasarkan hukum yang ditetapkan oleh Blaise Pascal pada 1652, bahwa: “tekanan yang diberikan pada fluida yang berada dalam sebuah bejana akan diteruskan secara merata ke segala arah” [20]. Sedangkan prinsip kerjanya ditunjukkan dalam Gambar 4, perhatikan bahwa *ram* dan *plunger* bekerja pada dua silinder dengan diameter berbeda, dimana silinder tersebut terhubung pada bagian bawahnya melalui sebuah ruangan yang terisi penuh dengan fluida.



Gambar 3. Sistem aliran fluida.



Gambar 4. Prinsip kerja hidraulik.

dimana:

W = berat beban yang diangkat, F = gaya yang bekerja pada *plunger*, A = area *ram*, a = area *plunger*.

Menurut hukum Pascal bahwa tekanan (P) akan ditransmisikan secara merata ke segala arah; maka tekanan pada *plunger* akan sama dengan tekanan pada *ram* atau $P = F/a = W/A$ dan $W = F(A/a)$ atau $F = W(a/A)$. Persamaan ini menunjukkan bahwa sedikit gaya (F) yang diberikan pada *plunger* akan menghasilkan gaya yang besar pada *ram*, hal ini merupakan keuntungan pada mekanisme hidrolik. Jika *plunger* ditekan menggunakan sistem pengungkit maka perbandingan panjang pengungkit adalah (L/l), sehingga total keuntungan pada mekanisme hidrolik adalah $(L/l)(A/a)$, sehingga total gaya yang diberikan ke lengan pengungkit adalah $F = W(a/A)(l/L)$.

2. Material dan metodologi

2.1. Material penelitian

Geram sebagai *object* penelitian dipisah menurut jenis material, adapun material yang digunakan pada penelitian ini adalah *stainless steel*, S45C dan baja dengan kekuatan tarik 37 Kg.mm^{-2} (St 37), masing-masing komposisi kimianya seperti pada Tabel 1. Sedangkan bentuk geram (a) dan volume penempatan ruangan (b) dapat dilihat pada Gambar 5,

gambar tersebut memperlihatkan bahwa masing-masing material geram dengan berat 0,195 Kg dapat menempati ruang dengan volume (V) bervariasi yaitu (1) material St 37 menempati ruangan dengan ukuran 16 cm x 10 cm x 5 cm ($V = 800 \text{ cm}^3$), (2) material S45C menempati ruangan dengan ukuran 15 cm x 12 cm x 6 cm ($V = 1080 \text{ cm}^3$), (3) material *stainless steel* menempati ruangan dengan ukuran 25 cm x 19 cm x 10 cm ($V = 4750 \text{ cm}^3$).

Tabel 1. Komposisi kimia untuk tiga jenis material.

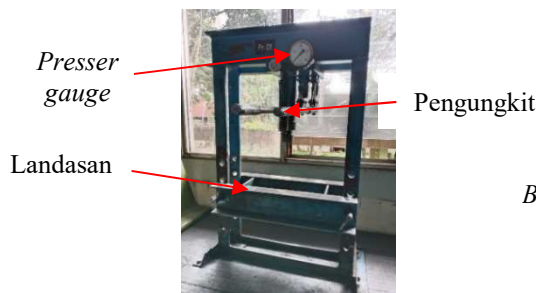
| No. | Material S45C | | Material St 37 | | Material <i>stainless steel</i> | |
|-----|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| | Unsur kimia | Komposisi [%] | Unsur kimia | Komposisi [%] | Unsur kimia | Komposisi [%] |
| 1. | Al | 0,005 | Al | 0,008 | Al | 0,024 |
| 2. | Si | 0,142 | Si | 0,218 | Si | 0,593 |
| 3. | Cu | 0,23 | Cu | 0,168 | Cu | 0,939 |
| 4. | Fe | Balance | Fe | 98,32 | Fe | 75,78 |
| 5. | Mn | 1,585 | Mn | 0,597 | Mn | 8,610 |
| 6. | Ni | 0,116 | Ni | 0,051 | Ni | 0,814 |
| 7. | C | 0,474 | C | 0,245 | C | 0,181 |
| 8. | P | 0,1 | P | 0,054 | P | 0,115 |
| 9. | Cr | 0,135 | Cr | 0,154 | Cr | 12,60 |
| 10. | Mo | | Mo | 0,016 | Mo | 0,070 |



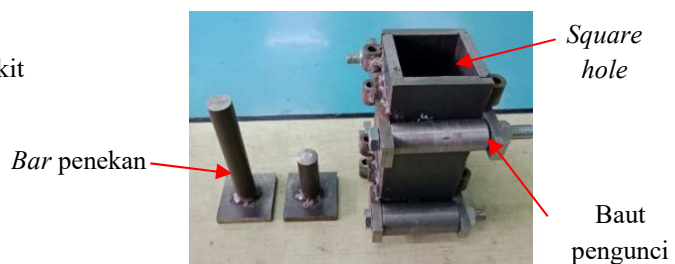
Gambar 5. Bentuk dan tempat geram sebelum dipres.

2.2. Metode penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan mesin pres untuk mengetahui pengurangan volume penempatan ruang dari volume sebelum di pres. Mesin pres hidrolik yang digunakan untuk eksperimen ditunjukkan dalam Gambar 6. Mesin ini dilengkapi juga dengan alat pengukur tekanan (*presser gauge*) berkapasitas 40 ton dengan skala pembaca terkecil 1 ton, tipe *hydraulic press bench* yang ada di Politeknik Negeri Bandung (POLBAN). Mesin pres ini dilengkapi lagi dengan *square hole* dan *bar* penekan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 7. *Square hole* dapat dilepas pasang hanya dengan membuka baut pengunci.



Gambar 6. Hydraulic press bench.



Gambar 7. Square hole dan bar penekan.

2.3. Prosedur penelitian

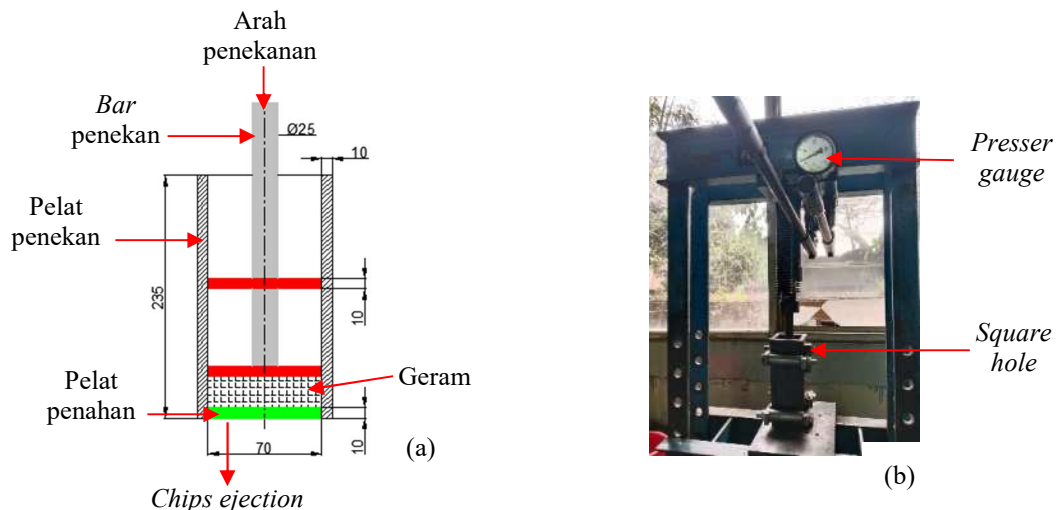
Penelitian diawali dengan menimbang geram dari masing-masing material menggunakan timbangan digital berkapasitas 3 Kg dengan ketelitian 0,001 Kg, selanjutnya geram dimasukan ke *square hole*. Setiap material diambil tiga sampel. Proses penekanan diawali dengan *bar* penekan yang pendek, setelah geram sedikit memadat maka beban penekanan dikembalikan ke posisi awal (tekanan dibebaskan) selanjutnya *bar* penekan yang panjang dimasukan dan diletakan diatas *bar* penekan yang pendek, tampak geometrinya seperti pada Gambar 8a, proses penekanan dilanjutkan

kembali seperti pada Gambar 8b sampai mencapai tekanan 4 ton yang dapat dilihat pada *presser gauge*. Sampel pertama ditekan dengan beban 4 ton dan waktu tunggu (*dwell time*) 5 menit, selama waktu tunggu terjadi penurunan tekanan. Sampel kedua ditekan dengan beban 4 ton dan *dwell time* 15 menit, selama waktu tunggu terjadi penurunan tekanan sehingga setiap 5 menit tekanan dinaikan lagi ke 4 ton. Sampel ketiga ditekan dengan beban 4 ton dan *dwell time* 30 menit, selama waktu tunggu juga terjadi penurunan tekanan sehingga setiap 5 menit tekanan dinaikan lagi ke 4 ton. Rangkuman parameter pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Setelah penekanan selesai geram yang sudah padat dikeluarkan dari *square hole* dan diukur tebal dan lebarnya, seperti diperlihatkan dalam Gambar 9.

Tabel 2. Parameter operasi pada penekanan geram.

| No. | Material | Sampel | Ukuran sampel [Kg] | Tekanan [Ton] | Dwell time [Menit] | Penurunan tekanan setiap 5 menit [Ton] | | | | | |
|-----|-----------------|--------|--------------------|---------------|--------------------|--|-----|-----|---|---|--|
| 1. | | 1 | | | 5 | 3 | | | | | |
| 2. | St 37 | 2 | 0,195 | 4 | 15 | 3 | 2,5 | 2 | | | |
| 3. | | 30 | | | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 1 | |
| 4. | | 5 | | | 3 | | | | | | |
| 5. | S45C | 2 | 0,195 | 4 | 15 | 3 | 2,5 | 2 | | | |
| 6. | | 30 | | | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 1 | |
| 7. | | 5 | | | 3 | | | | | | |
| 8. | Stainless steel | 1 | 0,195 | 4 | 15 | 3 | 2,5 | 2 | | | |
| 9. | | 30 | | | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 1 | |

Keterangan: Nilai pada kolom penurunan tekanan adalah pembacaan perkiraan ukuran terdekat karena pembacaan ukuran terkecil pada *presser gauge* adalah 1 Ton.



Gambar 8. Proses penekanan geram.



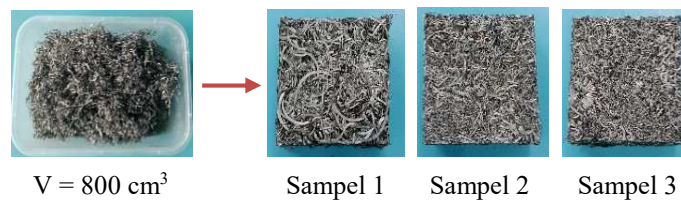
Gambar 9. Tebal dan lebar sampel.

3. Hasil dan pembahasan

Setelah melakukan serangkaian pengujian terhadap *chips* dari material St 37, *stainless steel* dan material S45C maka diperoleh hal-hal sebagai berikut:

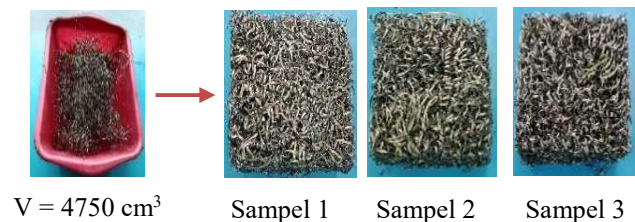
Pengujian yang dilakukan terhadap sampel *chips* St 37 menunjukkan bahwa *chips* dapat dipadatkan sesuai dengan volume ruangan dari *square hole*, dimana pada sampel (1) *chips* dengan berat 0,195 Kg yang menempati volume ruangan

(V) 800 cm^3 dapat dipadatkan menjadi $155,33 \text{ cm}^3$. Sampel (2) *chips* dengan berat yang sama dapat dipadatkan menjadi $147,49 \text{ cm}^3$, begitu juga dengan sampel (3) dapat dipadatkan menjadi $147,00 \text{ cm}^3$. Hasil pemadatannya dapat dilihat pada Gambar 10.



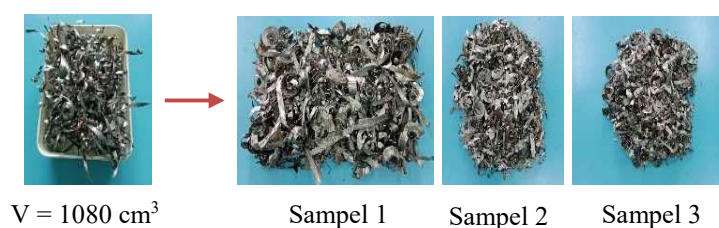
Gambar 10. Pemadatan *Chips* St 37.

Selanjutnya pada pengujian *chips stainless steel* menunjukkan bahwa *chips* dapat dipadatkan sesuai dengan volume ruangan dari *square hole*, dimana pada sampel (1) *chips* dengan berat 0,195 Kg yang menempati volume ruangan 4750 cm^3 dapat dipadatkan menjadi $232,43 \text{ cm}^3$. Sampel (2) *chips* dengan berat yang sama dapat dipadatkan menjadi $217,31 \text{ cm}^3$, begitu juga dengan sampel (3) dapat dipadatkan menjadi $207,27 \text{ cm}^3$. Hasil pemadatannya seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Pemadatan *Chips stainless steel*.

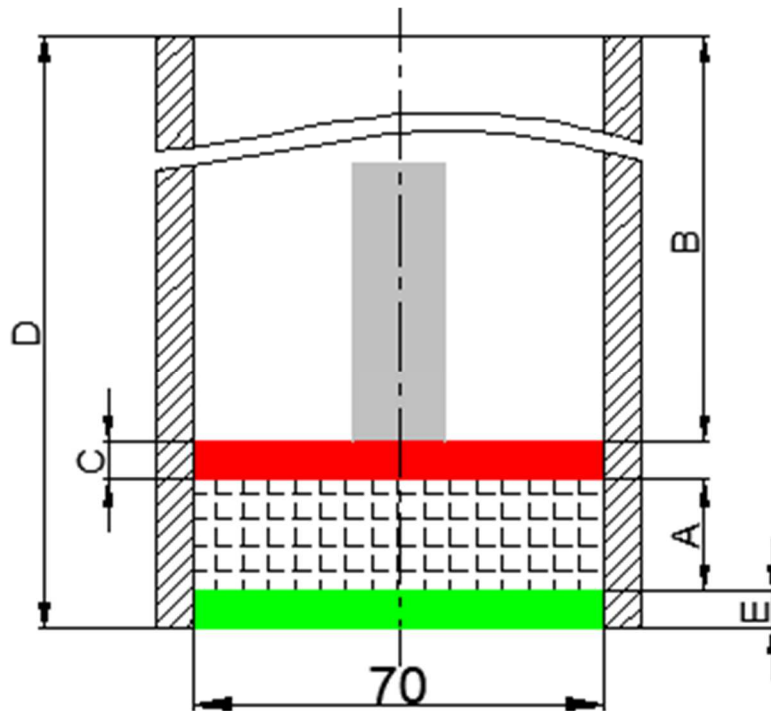
Sementara itu untuk pengujian *chips* dari material S45C dengan berat 0,195 Kg untuk masing-masing sampel yang menempati ruangan dengan volume 1080 cm^3 menunjukkan perbedaan terhadap dua material lainnya. Pada material ini, geram setelah ditekan mengalami patah berkeping-keping dan tidak memiliki daya rekat satu dengan yang lainnya, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 12. Patahan ini setelah diukur volumenya menunjukkan bahwa sampel (1) mempunyai volume $114,95 \text{ cm}^3$, sampel (2) mempunyai volume $111,47 \text{ cm}^3$ dan sampel (3) memiliki volume $109,71 \text{ cm}^3$.



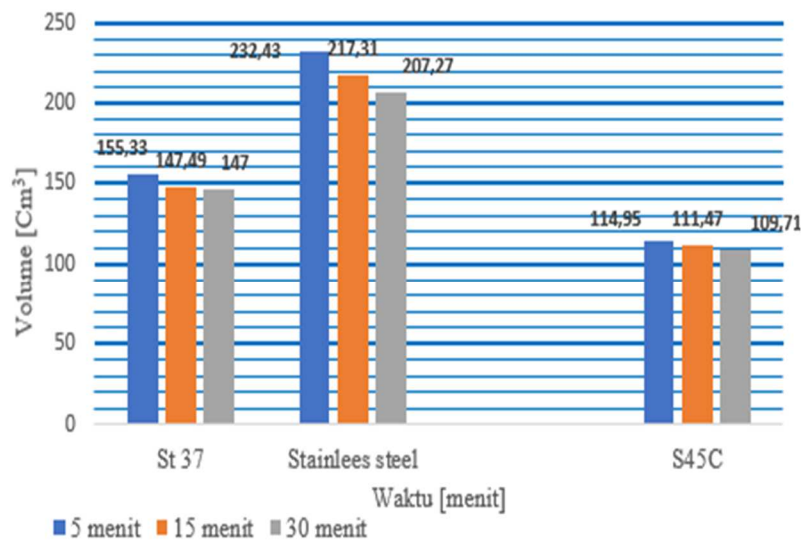
Gambar 12. Pemadatan *Chips* S45C.

Semua dimensi volume diukur menggunakan jangka sorong digital dengan ketelitian 0,01 mm, variabel yang diukur adalah tebal sampel, sedangkan panjang dan lebarnya mengikuti dimensi *square hole* yaitu 70 mm x 70 mm. Pengukuran ketebalan sampel dilakukan setelah sampel dikeluarkan dari *square hole*. Sementara itu untuk dimensi ketebalan sampel dari material S45C langsung diukur didalam *square hole* karena sampel mengalami kehancuran, dengan metode

pengukuran seperti pada Gambar 13, yaitu: $A = D - (C + B + E)$, dimana A adalah tebal padatan geram, B adalah panjang pengukuran, C adalah tebal pelat penekan, D adalah tinggi *square hole* dan E adalah tebal pelat penahan.



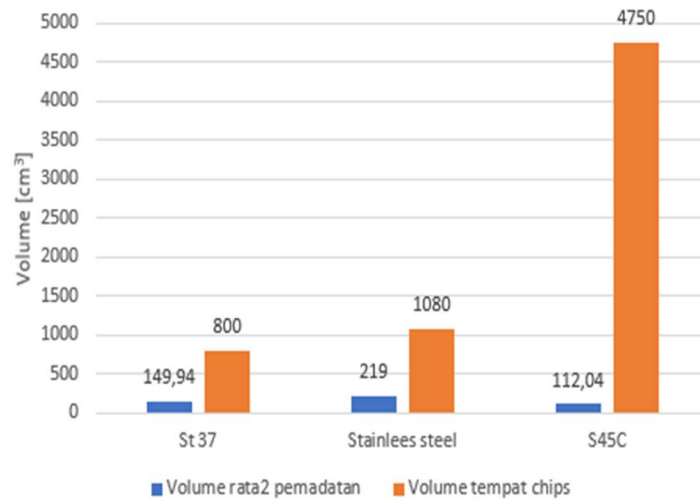
Gambar 13. Tabal Pematatan Chips S45C.



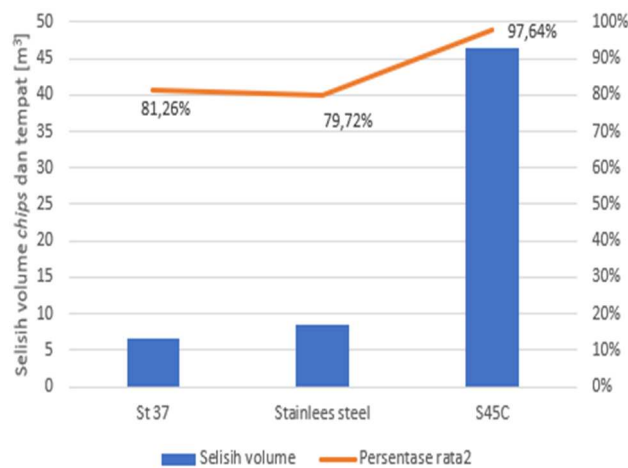
Gambar 14. Grafik pematatan chips.

Untuk melihat perubahan volume penempatan ruang dari masing-masing material geram dapat ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 14. Grafik memperlihatkan bahwa lama waktu penekanan mempengaruhi ketebalan pematatan dan hal ini akan mempengaruhi volume dari padatan tersebut. Sementara itu perbandingan perubahan volume rata-rata dari tiga sampel pengujian untuk tiga jenis material terhadap volume tempat chips dapat dilihat dalam grafik

seperti ditunjukkan dalam Gambar 15. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa penurunan volume *chips* sangat signifikan dan bahkan dengan persentasi yang sangat besar seperti diperlihatkan dalam Gambar 16.



Gambar 15. Grafik perubahan volume.



Gambar 16. Grafik persentasi perubahan volume.

4. Kesimpulan

Tidak semua geram (*metal chips*) memiliki daya rekat setelah dipadatkan, tergantung dari unsur-unsur yang membentuk atau *physical properties* dari material tersebut. Pada penelitian ini terlihat bahwa material St 37 dengan kandungan Mn 0,597% dan Fe 98,32% serta C 0,245 *chips* dapat dipadatkan hingga 81,26%, begitu juga dengan material *stainless steel*, *chips* dari material ini dapat dipadatkan hingga 79,72% walaupun sedikit lebih kaku jika dibandingkan dengan *chips* dari material St 37, hal ini disebabkan perbedaan persentase unsur seperti Mn 8,610%, Fe 75,78% dan C 0,181%. Kedua jenis material ini selain dapat dipadatkan juga memiliki daya rekat diantara *chips*. Sementara itu *chips* dari material S45C tidak memiliki daya rekat diantara *chips* melainkan patah berkeping-keping setelah dipadatkan dan penurunan volume penempatan ruangan cukup signifikan yaitu sampai dengan 97,64%, hal ini dipengaruhi oleh unsur

karbon yang cukup tinggi yaitu C 0,474% dan unsur lainya seperti Mn 1,585% dan Fe Balance. Kandungan karbon yang tinggi pada baja akan membuatnya menjadi getas sementara itu baja dengan unsur Mn yang tinggi tidak mudah patah.

Daftar Pustaka

- [1] K. Vinay, S. Sree, M. Tarun, and S. Jagannadh, "A Study to Optimize Chip Handling and Disposal Using Automated Guided Vehicle," pp. 564–569, 2017, doi: 10.15680/IJRSET.2017.0601100.
- [2] L. K. Wei *et al.*, "Producing Metal Powder from Machining Chips Using Ball Milling Process: A Review," *Materials (Basel)*, vol. 16, no. 13, 2023, doi: 10.3390/ma16134635.
- [3] M. Torkar, M. Lamut, and A. Millaku, "Recycling of steel chips," *Mater. Technol.*, vol. 44, no. 5, pp. 289–292, 2010.
- [4] C. M. Lee, Y. H. Choi, J. H. Ha, and W. S. Woo, "Eco-friendly technology for recycling of cutting fluids and metal chips: A review," *Int. J. Precis. Eng. Manuf. - Green Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 457–468, 2017, doi: 10.1007/s40684-017-0051-9.
- [5] M. Małek, M. Kadela, M. Terpiłowski, T. Szewczyk, W. Łasica, and P. Muzolf, "Effect of metal lathe waste addition on the mechanical and thermal properties of concrete," *Materials (Basel)*, vol. 14, no. 11, 2021, doi: 10.3390/ma14112760.
- [6] R. C. Naik, S. Kottary, S. Subashchandra, and K. Preethesh, "Design and Development of Magnetic Chip Collector Machine," no. November, 2019.
- [7] S. Kaldor, A. Ber, and E. Lenz, "On the mechanism of chip breaking," *J. Manuf. Sci. Eng. Trans. ASME*, vol. 101, no. 3, pp. 241–249, 1979, doi: 10.1115/1.3439503.
- [8] A. Antić, P. B. Petrović, M. Zeljković, B. Kosec, and J. Hodolič, "The influence of tool wear on the chip-forming mechanism and tool vibrations," *Mater. Tehnol.*, vol. 46, no. 3, pp. 279–285, 2012.
- [9] M. H. Ali, B. A. Khidhir, B. Mohamed, and A. A. Oshkour, "Investigation on chip formation during machining using finite element modeling," *Adv. Mater. Res.*, vol. 505, no. April, pp. 31–36, 2012, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.505.31.
- [10] George Schneider, "Cutting Tool Applications, Chapter 3: Machinability of Metals," *American Machinist*, 2009. <https://www.americanmachinist.com/cutting-tools/media-gallery/21895130/chapter-3-machinability-of-metals-cutting-tool-applications?id=21895130&slide=1> (accessed Jan. 19, 2024).
- [11] N. Indah and M. Baehaqi, "Desain Dan Perancangan Alat Pengepres Geram Sampah Mesin Perkakas," *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, p. 13, 2017, doi: 10.22441/jtm.v6i1.1201.
- [12] J. Johansson, L. Ivarsson, J. E. Ståhl, V. Bushlya, and F. Schultheiss, "Hot Forging Operations of Brass Chips for Material Reclamation after Machining Operations," *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. September, pp. 584–592, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.152.
- [13] S. S. Khamis, M. A. Lajis, and R. A. O. Albert, "A sustainable direct recycling of aluminum chip (AA6061) in hot press forging employing Response surface methodology," *Procedia CIRP*, vol. 26, pp. 477–481, 2015, doi: 10.1016/j.procir.2014.07.023.
- [14] S. N. Ab Rahim, M. A. Lajis, and S. Ariffin, "A review on recycling aluminum chips by hot extrusion process," *Procedia CIRP*, vol. 26, pp. 761–766, 2015, doi: 10.1016/j.procir.2015.01.013.
- [15] J. B. Jordon *et al.*, "Direct recycling of machine chips through a novel solid-state additive manufacturing process," *Mater. Des.*, vol. 193, p. 108850, 2020, doi: 10.1016/j.matdes.2020.108850.

- [16] Ç. Aslan, Ö. Karagöz, H. Gökdemir, and A. Günaydın, “Effect of industrial waste metal chips on flexural behavior of re-inforced concrete beams,” *Rev. la Constr.*, vol. 22, no. 2, pp. 368–381, 2023, doi: 10.7764/RDLC.22.2.368.
- [17] T. Patel, S. M. Sheth, P. Chauhan, and B. Vishvakarma, “Design and Development of Hydraulic Press with Die,” *5th Natl. Conf. “Recent Adv. Manuf. (RAM-2015),”* no. May, 2015, doi: 10.13140/RG.2.1.2517.6169/1.
- [18] J. Yao, M. Sadatomi, B. Lu, and C. Zhang, “Optimal Design of Hydraulic System for an Industrial Press Machine for Performance Improvement and Noise Reduction,” *Open J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–16, 2013, doi: 10.7508/JME-V1-N3-1-16.
- [19] S. K. Amedorme and Y. A. K. Fiagbe, “Modification of an Existing Small Hydraulic Jack for Lifting Light Duty Vehicle,” *Int. J. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 11, 2016.
- [20] A. Srivastava *et al.*, “Principles of Physics in Surgery: The Laws of Mechanics and Vectors Physics for Surgeons-Part 2,” *Indian J. Surg.*, vol. 72, no. 5, pp. 355–361, 2010, doi: 10.1007/s12262-010-0155-8.