
ANALISIS PROSES UNJUK KINERJA ALAT TEKAN PNEUMATIK DENGAN PEMODELAN SUHU STEAM UNTUK MEMPERCEPAT PROSES PENGERINGAN PEREKAT TERHADAP PRODUK PAPAN SERAT ALAM

Deni Purnomo

Fakultas Teknologi Ilmu Hasil Hutan
Institute Pertanian Bogor
Email: putra.purnama1@gmail.com

Dede Hermawan

Institute Pertanian Bogor

Sasa Sofyan Munawar

Research Center for Biomaterial National Research and Innovation Agency

Dimas Triwibowo

Research Center for Biomaterial National Research and Innovation Agency

Ismadi

Research Center for Biomaterial National Research and Innovation Agency

Sudarmanto

Research Center for Biomaterial National Research and Innovation Agency

ABSTRAK

Untuk mendapatkan hasil penekanan yang maksimal dari papan serat yang merata maka dalam pembuatan papan serat alam membutuhkan alat tekan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mulai dari rancang bangun, optimasi alat, menganalisis proses unjuk kinerja alat tekan papan patikel kerapatan rendah dan pemodelan suhu *steam* sebagai pemanas terhadap produk papan serat alam dengan dan tanpa pemanas uap, pemanas uap berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan perekat pada suhu 100 °C selama 10 menit menggunakan penekan pneumatik yaitu sistem penekan yang memanfaatkan tekanan udara sebagai tenaga pendorong piston. Perancangan alat penekan papan serat dengan dimensi 230 x 120 x 130 untuk selanjutnya analisis perhitungan alat tekan menggunakan software aplikasi Festo Didactic 3.6 dan pemodelan suhu, sebaran uap panas, velocity, dan tekanan menggunakan aplikasi Solid work™ dimana perancangan tekanan menggunakan 4 buah piston dengan tekanan 1.25 bar tiap piston total maximum tekanan 8 bar, pemodelan velocity steam morfologi sebaran kecepatan uap panas (m/s) dari skala warna menunjukkan nilai velocity mulai 0 hingga 2600 m/s sebaran kecepatan merata mengitari ruang pemanas begitu juga untuk pemodelan suhu uap terhadap sebarannya diruang pemanas dari skala warna menunjukkan nilai tertinggi 375.74 °K dan terendah 331.60 °K, sebaran panas belum merata hal ini bergantung kepada input kecepatan debit aliran dan suhu yang masuk ke ruangan. Pemodelan tekanan pada ruangan pemanas dapat dilihat bahwa tekanan merata ke segala penjuru ruangan dengan nilai tekanan antara 10.89 hingga 11 Bar jadi uap panas dapat menekan secara turbulen ke dalam ruangan dengan konstan untuk memanaskan adhesive poliuretan sebagai binder pada papan insulasi serat kelapa dengan kerapatan rendah lebih cepat dalam proses pengeringannya. Adapun design pembuatan papan dengan kerapatan 0.04, 0.06, 0.08 dan 0,1 gram/cm³ menggunakan perekat *poliurethan*.

Kata kunci: Papan kerapatan rendah, pneumatik, pemodelan, dan software

ABSTRAK

To get maximum pressing results and even fiberboard, in the manufacture of natural fiberboard requires a pressing tool. The goal of this study is to begin with the design, tool optimization, and analysis of the process of demonstrating the performance of low-density starch board presses and steam temperature modeling as a heater for natural fiberboard products with and without steam heating. Steam heaters help to accelerate the drying of adhesives at 100 °C for 10 minutes using pneumatic presses, which are pressing systems that use air pressure as a piston push. Designing a fiberboard pressing tool with dimensions of 230 x 120 x 130 for further press tool calculations using the Festo Didactic application software 3.6 and modeling temperature, hot steam distribution, velocity, and pressure using the Solid Work™ application, where pressure is designed using four pistons with a pressure of 1.25 bars per piston for a total maximum pressure of eight bars, steam velocity modeling the morphology of the distribution of hot steam Pressure modeling in the heating room shows that the pressure is

evenly distributed to all corners of the room with a pressure value between 10.89 until 11 bars, so that hot steam can press turbulently into the room constantly to heat polyurethane adhesive as a binder on the coconut fiber insulation board with a lower density faster in the drying process. Polyurethane adhesive is used in the design of boards with densities of 0.04, 0.06, 0.08, and 0.1 grams per cubic centimeter.

Keywords: Low density board, pneumatic, modelling, and software.

1. PENDAHULUAN

Berbagai literatur yang membahas tentang pembuatan papan partikel dengan serat alam yang memiliki banyak keuntungan luar biasa dibandingkan serat sintetis, sebagai tinjauan dalam pengaplikasian serat sabut kelapa salah satunya merupakan sebagai penguat material komposit (Bakri., 2011). Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan tanaman pertanian yang dapat digunakan pada industri mebel, kerajinan tangan, dan berpotensi sebagai penguat pada komposit polimer salah satu produk papan yang diproduksi yaitu produksi papan insulasi menggunakan serat alam dengan kerapatan rendah, karena serat kelapa melimpah dan mudah didapat. Seiring dengan laju teknologi untuk mempermudah kegiatan manusia dalam kehidupan maupun dunia industri dimana dibutuhkan alat bantu berupa permesinan dalam pembuatan papan serat menggunakan penekan. Terdapat dua jenis sistem penekan yaitu sistem hidrolik dan pneumatik, sebagai tenaga penggerak permesinan pneumatik yang merupakan salah satu energi dengan memanfaatkan tekanan udara. Sistem pneumatik merupakan sistem penggerak yang memanfaatkan udara bertekanan sistem gerak yang bisa dilakukan oleh *actuator* (Khalid et al., 2016). Pilihan pada pneumatik karena terdapat kekurangan dan kelebihan dalam sistem ini sebagai pertimbangan dalam pemilihan optimasi, efektifitas dan efisiensi kinerja adapun kelebihannya yaitu fluida udara mudah didapat, bersih jika terjadi kebocoran dibanding sistem hidrolik, aman terhadap ledakan. namun terdapat kerugian dalam sistem pneumatik yaitu gaya tekan yang terbatas, dan menimbulkan polusi suara dari buangan udara tekan.

Berdasarkan hukum Pascal tekanan pada fluida dalam suatu bejana tertutup akan diteruskan kesemua bagian, fluida dan bejana tersebut tanpa berkurang dapat dituliskan dengan rumus $P = F/A$ dimana $P = F_1/A_1 = F_2/A_2$ maka $F_1 = A_1/A_2 \times F_2$ (Esposito., 2003). Volume dari massa gas yang tertutup pada *temperature* konstan adalah berbanding terbalik dengan tekanan *absolut* atau perkalian dari *volume* dan tekanan *absolut* adalah konstan untuk massa gas tertentu (Hukum Boyle Mariote) dapat dituliskan dengan rumus

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3 = \text{konstan.} \quad (1)$$

Selama ini pneumatik dimanfaatkan sebagai penggerak mekanik dalam kegiatan menarik, mengangkat, menggeser, menekan dan lain lain, Jika suatu *fluida* mengalir melalui suatu pipamaka terjadi gesekan dengan dinding tekankecepatan aliran semakin terpusat semakin cepat kelajuan aliran rata rata maka dapat ditulis dengan persamaan

$$Q = A \cdot v = \Delta V / \Delta t \quad (2)$$

Sifat fluida dan dimensi pipa mempengaruhi kelajuan aliran dan perbedaan tekanan pada kedua ujung dari pipa menurut hukum Poisuille

$$Q = \pi r^2 (P - P_2) / 8\eta L \quad (3)$$

Keterangan:

- Q : Kelajuan aliran (m/s)
- π : pi (3,14 atau 22/7)
- r : jari jari lingkaran atau tabung (m)
- L : Panjang tabung (m)
- ΔP : P1-P2 Tekanan (N/m²)
- η : Koefisien viskositas (Ns/m²)

2. METODOLOGI PENELITIAN

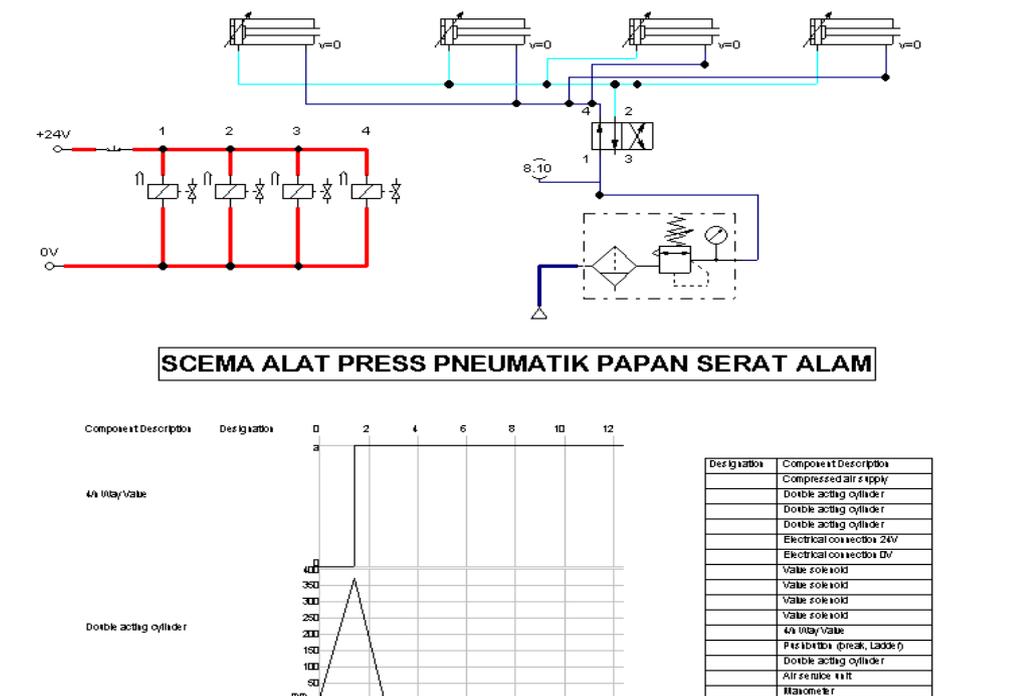
Secara bahasa pneumatik adalah ilmu yang menjelaskan tentang udara yang terkompresi dari bahasa Yunani pneumatikos dimana kata “pneu” artinya udara tekan dan “matik” berarti ilmu atau teori yang berhubungan dengan sesuatu hal, jadi secara harfiah pneumatik merupakan suatu teori atau ilmu tentang udara yang bertekanan. Adapun dalam dunia industri proses mekanik menggunakan gaya dengan memanfaatkan udara bertekanan (Muliando, *et al*).

Adapun tahapan proses penelitian yang dilakukan adalah mulai dari studi literatur, perancangan teknik penghitungan, pemilihan material, dan perencanaan komponen pneumatik, gambar, simulasi, pembuatan mesin, pengujian, setting mesin juga pembuatan papan serat alam dengan kerapatan rendah.

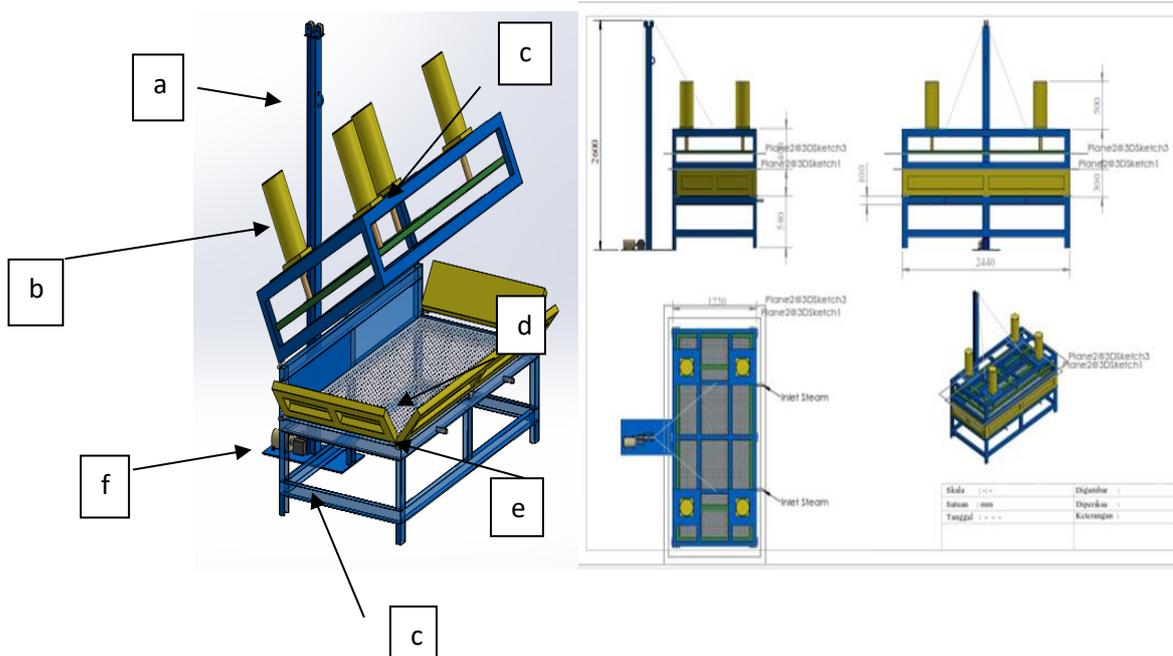
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan alat tekan pneumatik

Perancangan mesin penekan dengan menggunakan software Festo Didactic 3.6 (**Gambar 1**) sehingga dapat disimulasikan proses perencanaan, spesifikasi perhitungan tekanan perancangan dalam perhitungan awal yaitu kompresor dapat menampung udara 10 bar regulator udara mengalirkan udara 8 bar, katup solenoid dengan (Potensi dan masa depan serat alam Indonesia sebagai bahan baku aneka industri, 2020) (H. Koos Sardjono, 2012) (Potensi dan masa depan serat alam Indonesia sebagai bahan baku aneka industri, 2020) tegangan 220 volt untuk power solenoid valve, switch perancangan gaya tekan selinder dan konsep gambar menggunakan software Solidwork TM (**Gambar 2**).



Gambar 1. Skema rangkaian pneumatik menggunakan aplikasi



Gambar 2. a) tiang, b) actuator, c) rangka, d) pintu, e) box pemanas uap, f) elektromotor pengangkat rangka aktuator

3.2. Perhitungan gaya pengepresan aktuator

Untuk mengetahui gaya pengepresan maka dicari dengan menggunakan persamaan

$$F = m \cdot g \quad (4)$$

keterangan:

- F : Gaya press (N)
- m : Massa (kg)
- g : Gravitasi (m/s^2)

Perancangan alat penekan papan serat dengan ukuran papan standar 200 cm x 100 cm x 5 cm dengan density 60 kg/cm³ untuk 5 papan dalam 1 kali proses maka asumsi massa (kg) = 200-210 kg untuk satu piston perhitungan gaya tekan $F = m \cdot g$ $F = 210 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2$ $F = 2060.1 \text{ N}$ Jika di asumsikan perancangan diameter pengujian kedalam perancangan maka diameter tabung : Ø 18 cm outer diameter gaya piston yang dihasilkan adalah bergantung pada tekanan udara, diameter selinder, dan koefisien gesek secara teoritis dapat dihitung menggunakan rumus :

$$F = P/A \quad (5)$$

3.3. Perhitungan perencanaan selinder

Untuk menghitung diameter selinder pada (gambar 3) FESTO Simulator 3.6. maka digunakan rumus

$$d2 = (F + r) / (P \times A) \quad (6)$$

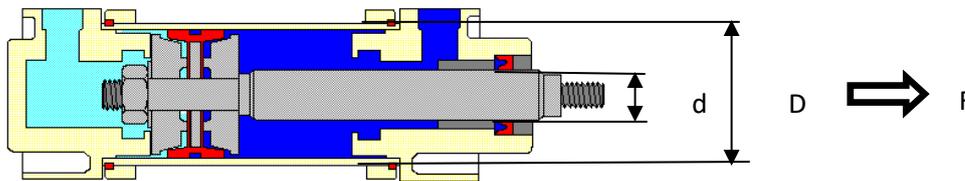
$$(F + r) = A \times P \quad (7)$$

$$(F + r) = (\pi/4 \times D2) \times P \quad (8)$$

Keterangan :

- F+r : Koefisien gesek
- P : Tekanan kerja (N/m^2)
- A : Luas selinder (m)
- D : Diameter piston (m)
- d : Diameter batang piston

P = Tekanan kerja, untuk pnaumatik rata-rata menggunakan tekanan kerja 6 bar BAR konversi ke $N/m^2 = 600000 N/m^2$ Sehingga,



Gambar 3. Piston

Gaya efektif piston saat maju (Didactic F, Pneumatics, TP 101) dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$Fa = A \times P \times \eta \text{ tot} \quad (9)$$

Keterangan :

- $A1$ = luas permukaan silinder pneumatik (m^2)
- P = Tekanan Kerja untuk pneumatik rata-rata $600.000 N/m^2$
- $A1 = (\pi/4 (13.5)^2)$
- $A1 = 143.06 \text{ cm}^2 \approx 1.43 \text{ m}^2$

Maka:

$$Fa = A1 \times Pe \times \eta \text{ tot} \quad (10)$$

$$Fa = 815.000 \text{ N}$$

Gaya efektif piston saat mundur

Dimana:

$$A = (\pi /4) \times (d1 - d2) \quad (11)$$

$$A2 = (\pi/4 (d) ^2)$$

$$Fb = A2 \times Pe \times \eta \text{ tot} \quad (12)$$

$$Fb = 323.282,6 \text{ N}$$

3.4. Perhitungan langkah maju selinder

$$F = D2. \pi/4. P. \eta \text{ tot} \quad (13)$$

Keterangan :

- $\eta \text{ tot}$: Randemen total (0.95)
- P : Tekanan kerja (N/m^2)
- A : Luas selinder (m)
- D : Diameter piston (m)
- d : Diameter batang piston (m)

Konsumsi udara tekan setiap langkah piston

Konsumsi Udara Saat Piston Maju

Konsumsi udara tiap langkah piston mempunyai dua arah, yaitu langkah maju dan mundur dapat dihitung konsumsi udara tekan saat pada saat posisi silinder bergerak maju dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Qv1 = A \times L \times n \times \left(\frac{Pe \times P \text{ atm}}{P \text{ atm}} \right) \times 2 \quad (14)$$

$$= 85.836 \text{ cm}^3 \approx 858.36 \text{ Liter/menit}$$

3.5. Perhitungan langkah mundur selinder

Konsumsi Udara Saat Piston Mundur

Konsumsi udara kompresi pada waktu silinder bergerak mundur dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Qv2 = A \times L \times n \times \left(\frac{P_e \times P_{atm}}{P_{atm}} \right) \times 2 \quad (15)$$
$$= 33.942 \text{ cm}^3 \approx 339.42 \text{ Liter/menit}$$

Total konsumsi udara

Silinder kerja ganda dengan diameter (d) 140 mm, panjang langkah (h) 840 mm, tiap menit membutuhkan udara sebesar:

$$Q_{tot} = Qv1 + Qv2 \quad (16)$$
$$= 85.836 \text{ cm}^3 + 33.942 \text{ cm}^3$$
$$= 119.778 \text{ cm}^3$$

3.6. Debit aliran udara kompresor

Menurut Hartono *et al.* (1998) kebutuhan jumlah udara yang harus dialirkan kedalam silinder pneumatik, dapat dihitung dengan cara:

$$Q_s = A (v) \quad (17)$$
$$Q_s = (\pi/4) (d_s)^2 (v)$$
$$= 2.42 \text{ liter/menit}$$

Keterangan :

Q_s = Debit kompresor (liter/min)
 d_s = Ø diameter silinder = 160 mm
 v = kecepatan piston direncanakan 300 mm/menit = 2 mm/dtk
 A = luas penampang torak mm^2

3.7. Daya Kompresor

Untuk mengetahui daya kapasitas motor kompresor dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$N_s = (Q_s) (\eta_{tot}) \quad (18)$$
$$out = Qv \times P_e$$
$$P_{motor} = P_{out} / \eta_{tot}$$

Keterangan:

N_s = Daya kompresor (liter/min)
 Q_s = Debit kompresor (liter/dtk)
 η_{tot} = Effisiensi total = 0.95
 P_e = 8 bar = 800000 N/m²
 N_s = 2.5 Pk
 $P_{output} = Qv \times P_e$
$$= 958.400 = 15.97 \text{ N/m} = 2.1 \text{ Kw}$$
$$P_{motor} = P_{out} / \eta_{tot}$$
$$= 2.2 \text{ Kw}$$

3.8. Kecepatan gerak piston Ketika maju dan mundur

Konsumsi udara Ketika piston maju $Qv1 = 858.36$ liter/menit

Konsumsi udara Ketika piston mundur $Qv2 = 339.42$ liter/menit

$$V1 = Qv1/A1 \quad (19)$$
$$= 60 \text{ m/menit} = 1 \text{ m/detik}$$

$$V2 = Qv2/A2 \quad (20)$$
$$= 59.7 \text{ m/menit} = 0.99 \text{ m/detik}$$

Waktu yang dibutuhkan:

$$t1 = L/v1 \quad (21)$$
$$= 0.5 \text{ m}^3/1 = 0.5 \text{ detik}$$

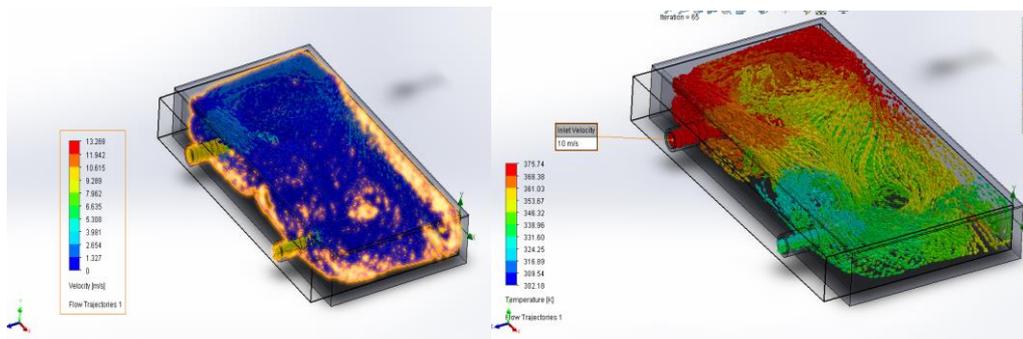
$$t2 = L/v2 \quad (22)$$
$$= 0.5/0.99 = 0.505$$



Gambar 4. Alat tekan Pneumatik

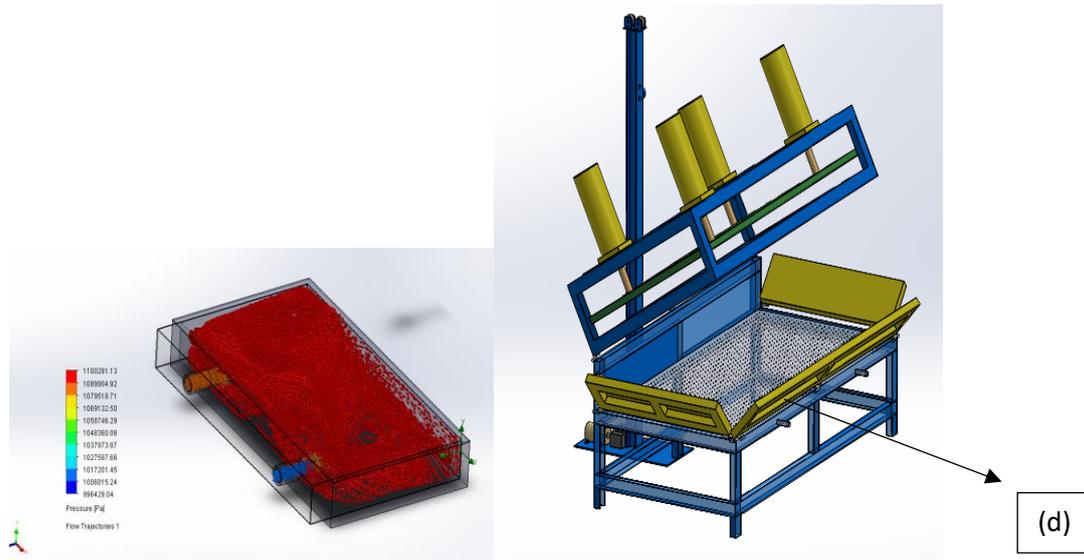
3.9. Pemodelan sebaran uap panas, velocity, suhu dan tekanan

Pemodelan sebaran uap panas, velocity, suhu dan tekanan (**Gambar 4**) dengan menggunakan software solidwork™ menunjukkan bahwa sebaran velocity, suhu di ruangan pemanas dengan menggunakan uap jenuh efektif untuk mempercepat pengeringan perekat poliurethan dalam pembuatan papan serat dengan kerapatan rendah dengan dan tanpa pemanas uap dilakukan pengujian densitas dari papan menganalisis unjuk kinerja alat.



(a)

(b)



Gambar 4. Pemodelan sebaran (a) velocity, (b) suhu, (c) tekanan uap panas, dan (d) lokasi box uap

dari data hasil pemodelan velocity steam (a) dapat kita lihat morfologi sebaran kecepatan uap panas (m/s) skala warna menunjukkan nilai velocity mulai 0 hingga 2600 m/s sebaran kecepatan merata mengitari ruang pemanas begitu juga untuk pemodelan suhu uap terhadap sebarannya diruang pemanas dari skala warna menunjukkan nilai tertinggi 375.74 OK dan terendah 331.60 OK, namun sebaran panas belum merata (b) hal ini bergantung kepada input kecepatan debit aliran dan suhu yang masuk ke ruangan.

Pemodelan tekanan pada ruangan pemanas (c) dapat dilihat bahwa tekanan merata ke segala penjuru ruangan dengan nilai tekanan antara 10.89 hingga 11 Bar jadi uap panas dapat menekan secara turbulen ke dalam ruangan dengan konstan. dari perolehan data pemodelan tekanan ini diharapkan ketika diaplikasikan sesuai dengan hasil pemodelan agar sebaran panas lebih merata untuk memanaskan adhesive poliuretan sebagai binder pada papan insulasi serat kelapa dengan kerapatan rendah lebih cepat dalam proses pengeringannya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan uraian perancangan penekan pneumatik dengan pemanas uap secara perhitungan software maupun secara rumus di atas dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan hasil papan serat dengan kerapatan rendah ukuran 200 x 100 x 5 dibutuhkan alat tekan yang merata dengan 4 piston selang tekan pneumatik diameter 12 mm tekanan 6 bar mempunyai gaya (F) sebesar 2060 N, daya kompresor motor yang di perlukan untuk menghasilkan udara tekan yaitu $P_{motor} = \frac{P_{out}}{\eta_{tot}} = 2,2 \text{ Kw}$ dengan demikian besar tekanan yang di alirkan dari tangki penyimpanan kompresor ke *regulator* berpengaruh besar terhadap tekanan (F) aktuator dipengaruhi oleh luas penampang (D) dan debit (Q) serta kecepatan aliran udara (v) dalam menentukan daya (P) untuk menggerakkan aktuator. dari pemodelan dengan pemanas uap suhu 100 °C dengan waktu 5 menit dengan velocity 0.7 m/s, yang berfungsi sebagai percepatan pengeringan perekat poliuretan yang bersifat thermo setting dapat menghasilkan waktu proses yang lebih cepat dibandingkan jika perekat dibiarkan kering udara. Dengan 4 *actuator* pada tekanan 8-10 bar maka alat tekan hanya digunakan untuk material pengepresan dengan kerapatan rendah perlu ditingkatkan tekanan dan penggantian pemipaan penghitungan ulang, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam pengaplikasian pemodelan distribusi uap panas sebagai percepatan ikatan poliuretan,

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Hudallah, (2010) "Rancang Bangun Sistem Pnumatis Untuk Pengembangan Modul -Modul Gerak Otomatis Sebagai Media Pembelajaran," Tek. Elektro, vol. 2, no. 1, pp. 8–22.
- [2] Ali Rosyidin, (2019) Rancang bangun alat simulator pneumatic dua silinder katup selenoid tunggal, Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang, Vol. 8, No. 2, Juli – Desember: hlm. 15-21 P-ISSN: 2302-8734 E-ISSN: 2581-0006
- [3] P. Croser, F. Ebel, (2003)," Pneumatik," Festo didactic analisa sistem pneumatik untuk penggerak alat panen kelapa sawit tembilang dan sabit Legisnal Hakim Tahun 2009: hlm. 33-34
- [4] Anhar Khalid, (Nopember 2016) Jarot Wijayanto, Rancang bangun sistem pneumatik 1 silinder untuk media pembelajaran, Prosiding SNRT (Seminar Nasional Riset Terapan) Politeknik Negeri Banjarmasin, 9-10 ISSN 2541-5662.
- [5] Ir. H. Koos Sardjono, M.Sc, Catur Agil Yuliana, (2012) Perencanaan sistem pneumatik pada mesin marking untuk bahan brass (c3602) dengan kekuatan geser 1000 N SINTEK Vol 6 No.1 hal 35-42.
- [6] Anhar Khalid, H. Raihan, (2016) Rancang bangun simulasi sistem pneumatik untuk pemindah barang Jurnal INTEKNA, Volume 16, No.1 hal 1-100 ISSN 1412-5609, SSN 2443-1060
- [7] Bakri. Penentuan Sifat Mekanis Serat Sabut Kelapa, Jurnal Mekanikal, No.1, hal 23-29, 2010.
- [8] Aplikasi gambar Solidwork TM
- [9] Aplikasi Didactis 3,6 F, Pneumatics, TP 101
- [10] S. H. Samsudin, H. Z. M. Shafri, dan A. Hamedianfar, "Pengembangan indeks spektral untuk deteksi status kondisi material atap menggunakan spektroskopi lapangan dan data WorldView-3.," Journal of Applied Remote Sensing, vol. 10(2), 2016.