Pengaruh Ukuran Butir *Steel Shot* dan Tekanan *Nozzle* terhadap Karakteristik Permukaan dan Laju Korosi Baja A36 Hasil Proses Dry Abrasive Blasting

Nandhi Lathief Ibrahim[1] dan Frizka Vietanti[2*]
Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia
e-mail: nandhilathief@gmail.com, frizka@itats.ac.id (*corresponding author)*

ABSTRACT

This study investigates the effects of steel shot abrasive particle size and nozzle pressure on the surface characteristics and corrosion behavior of ASTM A36 steel subjected to dry abrasive blasting. Two steel shot sizes, S390 (1.2 mm) and S460 (1.4 mm), were employed, while nozzle pressures were varied at 6, 7, and 8 bar. The blasting results showed that all specimens achieved the Sa 2½ surface cleanliness standard, indicating effective removal of surface contaminants. Surface roughness measurements revealed that increasing both abrasive particle size and nozzle pressure generally resulted in a rougher surface. The highest average surface roughness was obtained using S460 steel shot at a nozzle pressure of 8 bar, reaching 104.44 ± 6.81 μm before corrosive immersion and increasing to 117.33 ± 0.54 μm after immersion. The corrosion behavior was subsequently evaluated using the weight loss method. Consistent with the surface roughness results, the highest average corrosion rate was also observed for specimens treated with S460 steel shot at 8 bar, reaching 88.83 ± 24.17 mpy. These findings demonstrate that variations in steel shot size and nozzle pressure significantly influence the surface condition of ASTM A36 steel and its subsequent corrosion performance, with larger abrasive particles and higher blasting pressures producing rougher surfaces that are associated with higher corrosion rates.

***Keywords**: A36 steel, abrasive blasting, steel shot, nozzle pressure, surface roughness, corrosion rate.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi ukuran butir abrasif *steel shot* dan tekanan *nozzle* terhadap karakteristik permukaan dan laju korosi baja ASTM A36 setelah proses *dry abrasive blasting*. Penelitian dilakukan menggunakan dua variasi ukuran *steel shot*, yaitu S390 (1,2 mm) dan S460 (1,4 mm), dengan variasi tekanan *nozzle* sebesar 6, 7, dan 8 bar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh spesimen memenuhi standar tingkat kebersihan permukaan Sa 2½, yang mengindikasikan efektivitas proses *abrasive blasting* dalam menghilangkan kontaminan pada permukaan baja. Hasil pengukuran kekasaran permukaan menunjukkan bahwa variasi ukuran *steel shot* dan tekanan *nozzle* memengaruhi tingkat kekasaran permukaan yang dihasilkan. Nilai kekasaran permukaan rata-rata tertinggi diperoleh pada penggunaan *steel shot* S460 dengan tekanan *nozzle* 8 bar, yaitu sebesar 104,44 ± 6,81 μm sebelum perendaman dalam media korosif dan meningkat menjadi 117,33 ± 0,54 μm setelah perendaman. Selanjutnya, pengujian laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan massa (*weight loss*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa laju korosi rata-rata tertinggi juga diperoleh pada spesimen yang diproses menggunakan *steel shot* S460 dengan tekanan *nozzle* 8 bar, yaitu sebesar 88,83 ± 24,17 mpy. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran butir *steel shot* dan tekanan *nozzle* berpengaruh terhadap karakteristik permukaan dan perilaku korosi baja ASTM A36, di mana penggunaan ukuran abrasif yang lebih besar dan tekanan yang lebih tinggi menghasilkan permukaan yang lebih kasar serta cenderung meningkatkan laju korosi.

Kata kunci: Baja ASTM A36*, abrasive blasting, steel shot,* tekanan *nozzle*, kekasaran permukaan, laju korosi.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri maritim di Indonesia memiliki hubungan yang erat dengan meningkatnya aktivitas pembangunan, pengedokan, pemeliharaan, dan perbaikan kapal. Dalam industri konstruksi kapal, baja masih menjadi salah satu material utama karena memiliki kekuatan mekanik yang baik, mudah difabrikasi,

serta relatif ekonomis. Namun, struktur baja yang digunakan pada lingkungan maritim rentan mengalami degradasi akibat paparan lingkungan yang agresif, terutama korosi. Oleh karena itu, pengendalian kondisi permukaan menjadi salah satu tahapan penting dalam proses konstruksi maupun pemeliharaan kapal. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mempersiapkan permukaan baja sebelum proses pelapisan adalah *abrasive blasting* atau *blasting* [1]. Proses *blasting* merupakan salah satu metode dalam pekerjaan persiapan dan pembersihan permukaan (*surface preparation*) yang bertujuan untuk menghilangkan karat, *mill scale*, kontaminan, lapisan cat lama, serta berbagai pengotor lainnya dari permukaan material. Selain meningkatkan tingkat kebersihan, proses ini juga menghasilkan profil kekasaran tertentu yang berperan penting dalam meningkatkan ikatan mekanis antara substrat dan lapisan *coating*. Dengan demikian, kualitas proses *surface preparation* dapat memengaruhi daya lekat, efektivitas, dan ketahanan sistem pelapisan terhadap lingkungan korosif [2, 3].

Tingkat kebersihan permukaan hasil proses *blasting* umumnya dievaluasi berdasarkan standar ISO 8501-1. Standar tersebut mengklasifikasikan tingkat kebersihan permukaan hasil *blast cleaning* ke dalam beberapa kategori, seperti Sa 1, Sa 2, Sa 2½, dan Sa 3. Tingkat Sa 2½ atau *very thorough blast cleaning* merupakan salah satu tingkat kebersihan yang banyak digunakan sebagai persyaratan persiapan permukaan sebelum aplikasi *coating* pada struktur baja [2]. Pencapaian tingkat kebersihan tersebut dipengaruhi oleh berbagai parameter proses, antara lain jenis abrasif, ukuran partikel, tekanan *nozzle*, sudut penyemprotan, jarak *nozzle* terhadap permukaan, serta durasi proses *blasting* [4, 5]. Pada proses *abrasive blasting*, partikel abrasif dipercepat menggunakan aliran udara bertekanan dan kemudian diarahkan menuju permukaan material melalui *nozzle*. Ketika partikel abrasif menumbuk permukaan baja, energi kinetik partikel menyebabkan terjadinya pengikisan, deformasi plastis lokal, serta pembentukan profil permukaan. Karakteristik permukaan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh parameter proses *blasting*, terutama ukuran abrasif dan tekanan penyemprotan [5]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi ukuran partikel abrasif dan tekanan *blasting* dapat menghasilkan perubahan yang signifikan terhadap topografi dan kekasaran permukaan material [5, 6].

Ukuran partikel abrasif merupakan salah satu parameter yang berpengaruh terhadap energi tumbukan dan profil permukaan yang terbentuk. Partikel abrasif dengan ukuran yang lebih besar memiliki massa yang lebih tinggi sehingga berpotensi menghasilkan energi tumbukan yang lebih besar ketika mengenai permukaan material. Penelitian oleh Chander *et al.* [5] menunjukkan bahwa parameter *grit blasting*, termasuk ukuran abrasif, berpengaruh terhadap karakteristik permukaan baja. Hasil penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa peningkatan ukuran abrasif dapat menghasilkan perubahan pada topografi dan meningkatkan kekasaran permukaan, terutama ketika dikombinasikan dengan tekanan *blasting* yang lebih tinggi [6]. Selain ukuran abrasif, tekanan *nozzle* merupakan parameter penting yang menentukan kecepatan dan energi kinetik partikel abrasif. Bechikh *et al.* [7] melaporkan bahwa variasi parameter *sandblasting*, termasuk tekanan, memberikan pengaruh terhadap kekasaran dan karakteristik permukaan baja. Demikian pula, penelitian Yetik *et al.* [6] menunjukkan bahwa kombinasi ukuran abrasif dan tekanan *blasting* memiliki peranan penting dalam menentukan karakteristik permukaan hasil proses *grit blasting*.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya [5-7], dapat diketahui bahwa ukuran abrasif dan tekanan *blasting* merupakan parameter penting yang memengaruhi karakteristik permukaan material. Di sisi lain, karakteristik permukaan hasil *blasting* juga dapat memberikan pengaruh terhadap perilaku korosi baja [3, 8]. Namun, kajian yang secara khusus membandingkan penggunaan *steel shot* S390 dan S460 pada variasi tekanan *nozzle* 6, 7, dan 8 bar terhadap tingkat kebersihan permukaan, kekasaran, serta laju korosi baja ASTM A36 masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ukuran butir material abrasif *steel shot* dan tekanan *nozzle* terhadap karakteristik permukaan dan laju korosi baja ASTM A36 setelah proses *dry abrasive blasting*. Parameter yang digunakan meliputi dua variasi ukuran *steel shot*, yaitu S390 (1,2 mm) dan S460 (1,4 mm), serta variasi tekanan *nozzle* sebesar 6, 7, dan 8 bar. Evaluasi dilakukan terhadap tingkat kebersihan permukaan berdasarkan standar ISO 8501-1, kekasaran permukaan sebelum dan setelah perendaman dalam media korosif, serta laju korosi menggunakan metode kehilangan massa (*weight loss*). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai pengaruh kombinasi ukuran abrasif dan tekanan *nozzle* terhadap kualitas *surface preparation* dan perilaku korosi baja ASTM A36, sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam penentuan parameter proses *dry abrasive blasting*, khususnya pada industri konstruksi, pemeliharaan, dan perbaikan kapal.

TINJAUAN PUSTAKA

Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 merupakan salah satu jenis baja karbon yang широко digunakan untuk aplikasi struktural. Baja ini umumnya dikategorikan sebagai baja karbon rendah (*low-carbon steel*) dengan kandungan karbon maksimum sekitar 0,29%. Baja ASTM A36 memiliki kombinasi sifat mekanik berupa kekuatan, keuletan, dan ketangguhan yang baik serta kemudahan dalam proses fabrikasi dan pengelasan. Namun, dibandingkan dengan baja paduan, baja karbon rendah memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang relatif lebih rendah [9, 10]. Baja ASTM A36 banyak digunakan pada konstruksi struktural, termasuk pada industri maritim, konstruksi kapal, struktur lepas pantai, serta berbagai komponen pendukung lainnya. Meskipun memiliki sifat mekanik yang baik, baja karbon memiliki keterbatasan dalam hal ketahanan terhadap korosi, terutama ketika digunakan pada lingkungan yang mengandung kelembapan, oksigen, dan ion klorida [11, 12]. Oleh karena itu, perlindungan dan pengendalian kondisi permukaan menjadi aspek penting untuk mempertahankan integritas dan umur pakai struktur baja.

Salah satu tahapan penting dalam perlindungan baja adalah *surface preparation*. Kondisi permukaan sebelum aplikasi *coating* dapat memengaruhi daya lekat dan kinerja lapisan pelindung. Permukaan yang masih mengandung karat, *mill scale*, garam, minyak, atau kontaminan lainnya dapat menurunkan efektivitas sistem pelapisan dan meningkatkan risiko terjadinya korosi dini [2, 13, 14].

Abrasive Blasting

Abrasive blasting merupakan proses pembersihan dan modifikasi permukaan dengan cara mempercepat partikel abrasif menggunakan media bertekanan, kemudian mengarahkan partikel tersebut menuju permukaan material melalui *nozzle*. Tujuan utama proses *blasting* adalah untuk menghilangkan berbagai kontaminan, seperti karat, *mill scale*, sisa *coating*, garam, minyak, dan kotoran lainnya. Selain membersihkan permukaan, proses *blasting* juga menghasilkan profil permukaan atau kekasaran tertentu. Profil permukaan tersebut diperlukan untuk meningkatkan *mechanical interlocking* antara substrat dan lapisan *coating*, sehingga dapat meningkatkan daya lekat lapisan pelindung [13].

Material abrasif merupakan komponen utama dalam proses *blasting* yang berfungsi untuk menghilangkan kontaminan dari permukaan sekaligus menghasilkan karakteristik topografi tertentu. Pemilihan material abrasif perlu mempertimbangkan beberapa parameter, antara lain ukuran partikel, kekerasan, bentuk partikel, densitas, dan struktur material. *Steel shot* merupakan salah satu jenis abrasif logam yang memiliki bentuk relatif bulat dan densitas yang tinggi. Karakteristik tersebut menyebabkan *steel shot* memiliki kemampuan menghasilkan tumbukan yang efektif terhadap permukaan baja. Berbeda dengan *steel grit* yang memiliki bentuk lebih tajam dan angular sehingga cenderung menghasilkan mekanisme pengikisan yang lebih agresif, *steel shot* lebih banyak menghasilkan deformasi dan pembentukan profil permukaan akibat tumbukan berulang [15].

Surface Preparation

Surface preparation merupakan proses persiapan permukaan yang dilakukan untuk menghilangkan kontaminan, kotoran, karat, *mill scale*, garam, minyak, maupun lapisan lama sebelum dilakukan proses pelapisan atau *coating*. Tahapan ini bertujuan menghasilkan kondisi permukaan yang sesuai sehingga daya lekat dan efektivitas lapisan pelindung dapat ditingkatkan [13, 14]. Tingkat kebersihan permukaan hasil proses *blasting* dapat dievaluasi berdasarkan ISO 8501-1. Pada metode *blast cleaning*, tingkat kebersihan ditunjukkan menggunakan kode Sa, sedangkan pembersihan menggunakan peralatan mekanis dan manual menggunakan kode St yang ditunjukkan pada Tabel 1 [14].

Tabel 1. Tingkat kebersihan permukaan berdasarkan ISO 8501-1 [14].

Deskripsi	Kode
Pembersihan dengan penyemprotan abrasif hingga permukaan logam putih	Sa 3
Pembersihan dengan penyemprotan abrasif sangat menyeluruh hingga mendekati kondisi logam putih	Sa 2½
Pembersihan dengan penyemprotan abrasif menyeluruh atau pembersihan komersial	Sa 2
Pembersihan menggunakan alat mekanis bertenaga	St 3
Pembersihan menggunakan alat tangan secara manual	St 2

Tingkat Sa 2½ menunjukkan proses pembersihan yang sangat menyeluruh, di mana sebagian besar karat, *mill scale*, dan kontaminan telah dihilangkan dari permukaan. Tingkat kebersihan ini banyak digunakan sebagai persyaratan persiapan permukaan sebelum aplikasi *coating* pada struktur baja.

Korosi dan Laju Korosi

Korosi merupakan proses degradasi material akibat interaksi antara material dengan lingkungan sekitarnya. Pada material logam, korosi umumnya melibatkan proses elektrokimia yang terdiri atas reaksi oksidasi pada daerah anoda dan reaksi reduksi pada daerah katoda. Proses tersebut menyebabkan terjadinya perubahan sifat material dan kehilangan massa secara bertahap [11, 16]. Terjadinya korosi dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik yang berasal dari lingkungan maupun dari karakteristik material. Faktor lingkungan yang dapat memengaruhi proses korosi antara lain temperatur, kelembapan, kadar oksigen, kecepatan aliran fluida, pH, konsentrasi elektrolit, serta keberadaan ion agresif seperti klorida [12, 16]. Sementara itu, komposisi material, struktur mikro, kondisi permukaan, dan luas permukaan yang terpapar juga berpengaruh terhadap mekanisme dan laju korosi.

Pada baja karbon, proses korosi dapat berlangsung lebih cepat ketika material terpapar pada lingkungan yang mengandung air dan oksigen. Dalam lingkungan laut, keberadaan ion klorida dapat meningkatkan konduktivitas elektrolit dan mempercepat reaksi korosi. Oleh karena itu, baja yang digunakan pada lingkungan maritim umumnya memerlukan sistem perlindungan, seperti *coating*, untuk mengurangi kontak langsung antara permukaan logam dan lingkungan korosif [12, 14].

Laju korosi (*corrosion rate*) merupakan parameter yang digunakan untuk menunjukkan tingkat atau kecepatan degradasi material akibat proses korosi dalam periode waktu tertentu. Metode *weight loss* merupakan salah satu metode yang sederhana dan banyak digunakan karena laju korosi dapat dihitung berdasarkan perbedaan massa spesimen sebelum dan setelah terpapar lingkungan korosif selama periode tertentu [17, 18]. Perhitungan laju korosi dengan metode *weight loss* dapat dinyatakan pada persamaan (1) berikut.

$$CR\ (mpy) = \frac{K \times W}{\rho \times A \times T} \ldots\ldots (1)$$

dengan:

CR = laju korosi (*corrosion rate*), mpy;

K = konstanta konversi ($3{,}45 \times 10^6$);

W = kehilangan massa, g;

ρ = massa jenis material, g/cm³;

A = luas permukaan spesimen yang terpapar, cm²;

T = waktu pengujian, jam.

Besarnya laju korosi dapat dipengaruhi oleh kondisi dan karakteristik permukaan material. Permukaan yang memiliki topografi lebih kasar dapat meningkatkan luas permukaan efektif yang kontak dengan media korosif. Selain itu, keberadaan puncak dan lembah pada permukaan dapat memengaruhi distribusi elektrolit dan proses korosi lokal. Oleh karena itu, perubahan karakteristik permukaan akibat proses *abrasive blasting* perlu dievaluasi karena dapat memberikan pengaruh terhadap perilaku korosi baja [3, 19].

Penelitian Terdahulu Mengenai Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan salah satu parameter penting yang menentukan kualitas hasil proses *abrasive blasting*. Karakteristik kekasaran terbentuk akibat tumbukan partikel abrasif terhadap permukaan material, yang menyebabkan deformasi plastis, pengikisan, serta terbentuknya puncak (*peak*) dan lembah (*valley*) pada permukaan. Nilai kekasaran yang dihasilkan dipengaruhi oleh berbagai parameter, antara lain jenis abrasif, ukuran dan bentuk partikel, tekanan *blasting*, sudut penyemprotan, jarak *nozzle*, dan waktu proses.

Penelitian Chander *et al.* [5] mengenai pengaruh proses *grit blasting* terhadap karakteristik permukaan substrat baja menunjukkan bahwa parameter proses, termasuk ukuran abrasif dan tekanan *blasting*, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap topografi dan kekasaran permukaan. Peningkatan ukuran partikel abrasif meningkatkan energi tumbukan yang diterima oleh permukaan baja sehingga menghasilkan profil permukaan yang lebih kasar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengendalian ukuran abrasif dan

parameter proses *blasting* diperlukan untuk memperoleh karakteristik permukaan yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi selanjutnya. Pengaruh ukuran abrasif dan tekanan *blasting* juga dilaporkan oleh Yetik *et al.* [6]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi ukuran *grit* dan tekanan *blasting* menyebabkan perubahan karakteristik topografi permukaan. Peningkatan tekanan dapat meningkatkan kecepatan partikel abrasif, sedangkan ukuran partikel memengaruhi massa partikel yang menumbuk permukaan. Kombinasi kedua parameter tersebut menentukan energi kinetik tumbukan dan selanjutnya memengaruhi tingkat deformasi serta kekasaran permukaan. Mekanisme pembentukan kekasaran akibat proses *blasting* pada material baja juga dikaji oleh Griffiths *et al.* [20]. Tumbukan partikel abrasif menyebabkan terjadinya erosi, deformasi plastis, dan pengikisan material pada permukaan. Proses tersebut menghasilkan struktur permukaan berupa puncak (*peak*) dan lembah (*valley*), dengan karakteristik yang bergantung pada kondisi tumbukan partikel. Oleh karena itu, perubahan parameter proses *blasting* dapat menghasilkan profil kekasaran yang berbeda meskipun menggunakan material substrat yang sama.
Selain ukuran abrasif, tekanan udara juga merupakan parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Penelitian mengenai proses *sandblasting* pada baja ST-37 menunjukkan bahwa peningkatan tekanan udara menghasilkan kecenderungan peningkatan nilai kekasaran permukaan. Kondisi tersebut berkaitan dengan meningkatnya kecepatan dan energi tumbukan partikel abrasif terhadap permukaan material [21]. Dengan demikian, tekanan *nozzle* menjadi salah satu parameter penting dalam menentukan intensitas proses pengikisan dan pembentukan profil permukaan.

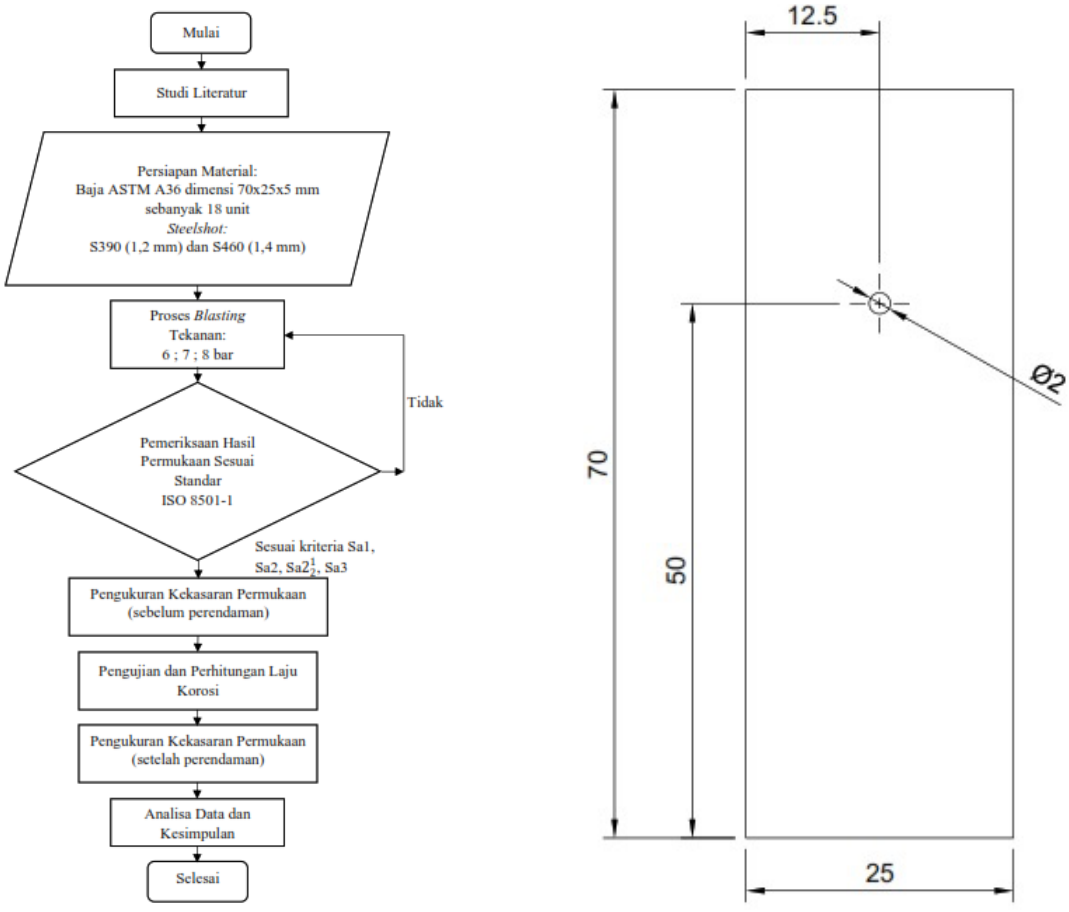
Penelitian Terdahulu Mengenai Laju dan Perilaku Korosi

Selain memengaruhi kekasaran, proses *abrasive blasting* juga dapat memengaruhi perilaku korosi melalui perubahan kondisi dan karakteristik permukaan material. Permukaan hasil *blasting* memiliki topografi berupa puncak dan lembah serta luas permukaan efektif yang berbeda dibandingkan permukaan awal. Karakteristik tersebut dapat memengaruhi kontak antara material dengan media korosif dan selanjutnya berkontribusi terhadap respons korosi. Kim *et al.* [3] melakukan penelitian mengenai karakteristik permukaan dan perilaku korosi baja karbon setelah perlakuan *abrasive blasting*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis abrasif yang digunakan dapat menghasilkan perbedaan karakteristik permukaan, termasuk kekasaran dan kondisi permukaan setelah proses *blasting*. Perbedaan tersebut selanjutnya memengaruhi perilaku korosi baja karbon. Penelitian ini menunjukkan bahwa proses *surface preparation* tidak hanya berperan dalam menghasilkan tingkat kebersihan dan profil permukaan, tetapi juga dapat memengaruhi ketahanan material terhadap lingkungan korosif. Pengaruh jenis abrasif terhadap karakteristik permukaan dan ketahanan korosi juga ditunjukkan pada penelitian baja karbon S235JR yang menggunakan beberapa jenis material abrasif. Variasi material *grit blasting* menghasilkan tingkat kekasaran yang berbeda dan memberikan respons korosi yang berbeda setelah material terpapar media korosif [22]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan karakteristik topografi akibat proses *blasting* dapat berkontribusi terhadap perubahan perilaku dan ketahanan korosi material.
Park *et al.* [23] juga melaporkan bahwa karakteristik permukaan hasil perlakuan mekanis memiliki hubungan dengan perilaku korosi baja karbon. Perubahan kondisi permukaan, termasuk kekasaran dan karakteristik lapisan permukaan, dapat memengaruhi interaksi antara material dan media korosif. Hasil penelitian tersebut memperkuat bahwa evaluasi kondisi permukaan setelah proses persiapan permukaan penting dilakukan untuk memahami respons korosi suatu material. Pengaruh kondisi permukaan hasil *grit blasting* terhadap ketahanan korosi juga telah dikaji pada sistem material yang selanjutnya diberi pelapisan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa profil kekasaran dan kondisi substrat yang terbentuk selama proses *grit blasting* dapat memengaruhi performa korosi sistem material secara keseluruhan. Kondisi permukaan yang dihasilkan dari proses *blasting* dapat menentukan kualitas interaksi antara substrat dan lapisan pelindung, sehingga pengendalian parameter *surface preparation* menjadi aspek penting dalam aplikasi industri [24]. Hubungan antara kekasaran permukaan dan perilaku korosi juga dilaporkan oleh Chen *et al. [25].* Penelitian tersebut menunjukkan bahwa variasi kekasaran permukaan dapat menghasilkan tingkat serangan korosi yang berbeda. Permukaan dengan topografi yang lebih kompleks memiliki luas permukaan efektif yang lebih besar dan dapat meningkatkan interaksi dengan lingkungan korosif pada kondisi tertentu.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk menganalisis pengaruh variasi ukuran butir *steel shot* dan tekanan *nozzle* terhadap tingkat kebersihan, kekasaran permukaan, dan laju korosi baja ASTM

A36 setelah proses *dry abrasive blasting*. Tahapan penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1(a). Penelitian diawali dengan studi literatur sebagai dasar dalam menentukan variabel, prosedur, dan metode pengujian. Selanjutnya, dilakukan persiapan spesimen baja ASTM A36 berukuran 70 × 25 × 5 mm yang ditunjukkan pada Gambar 1(b), kemudian diberi perlakuan *blasting* menggunakan dua variasi ukuran *steel shot*, yaitu S390 berukuran 1,2 mm dan S460 berukuran 1,4 mm, serta tiga variasi tekanan *nozzle*, yaitu 6, 7, dan 8 bar. Setelah proses *blasting*, dilakukan pemeriksaan tingkat kebersihan permukaan berdasarkan standar ISO 8501-1 [14], dan apabila hasil yang diperoleh belum memenuhi kriteria yang ditetapkan, proses *blasting* dilakukan kembali. Spesimen yang telah memenuhi kriteria kebersihan selanjutnya dilakukan pengukuran kekasaran permukaan sebelum perendaman menggunakan *micro depth gauge*. Tahap berikutnya adalah pengujian korosi melalui metode kehilangan massa (*weight loss*), yaitu dengan membandingkan massa spesimen sebelum dan setelah perendaman dalam media korosif selama waktu tertentu untuk selanjutnya menghitung laju korosi. Setelah pengujian korosi selesai, dilakukan kembali pengukuran kekasaran permukaan untuk mengetahui perubahan karakteristik permukaan akibat proses korosi. Seluruh data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh ukuran *steel shot* dan tekanan *nozzle* terhadap tingkat kebersihan, kekasaran permukaan sebelum dan setelah perendaman, serta laju korosi baja ASTM A36, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan.



(a) (b)

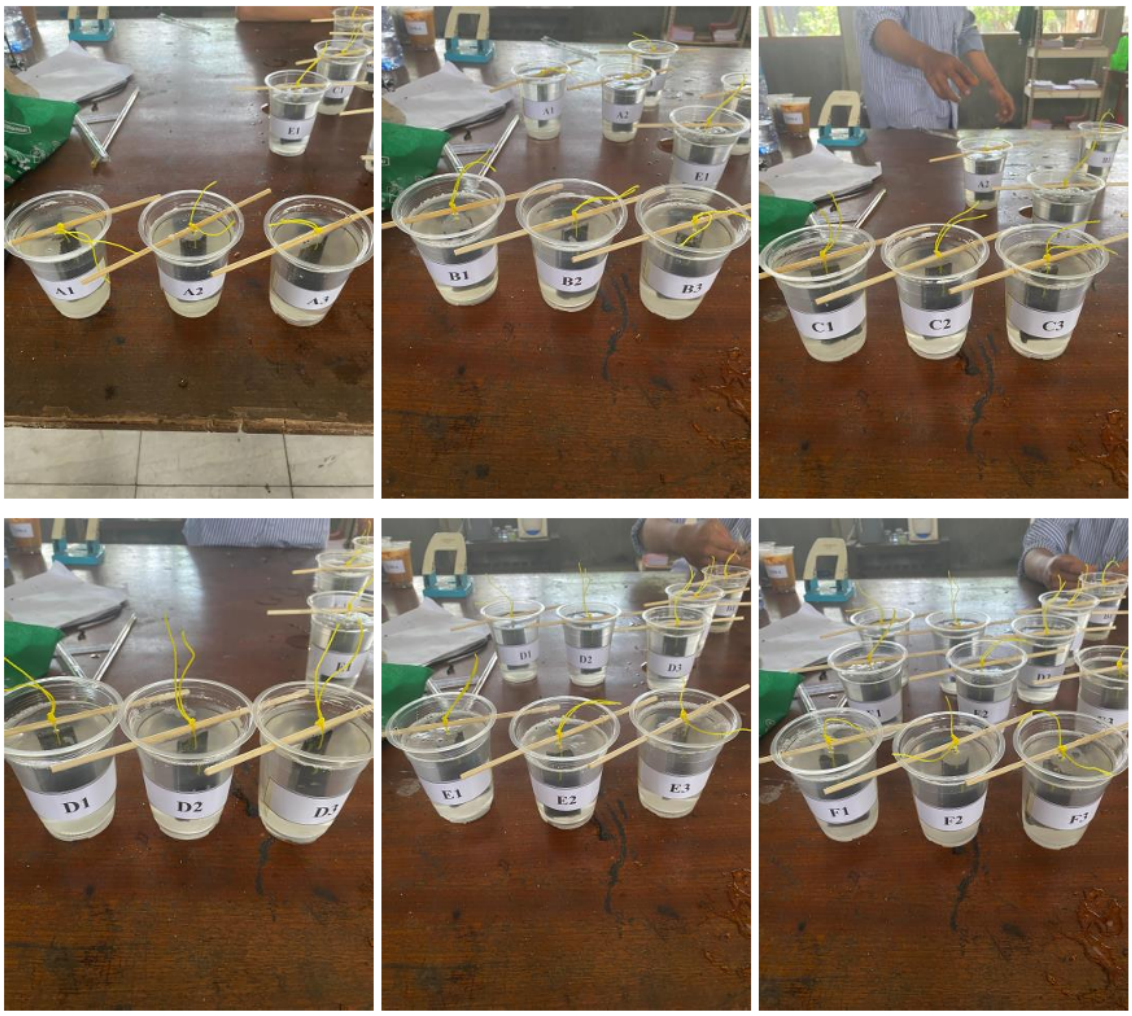
Gambar 1. (a) Diagram alir penelitian dan (b) dimensi spesimen baja ASTM A36 untuk proses *dry abrasive blasting*. Sumber: dokumen pribadi.

Pemeriksaan tingkat kebersihan permukaan dilakukan setelah proses *dry abrasive blasting* dengan mengacu pada standar ISO 8501-1 [14]. Seluruh spesimen yang telah mengalami proses *blasting* diamati secara visual dan dibandingkan dengan gambar referensi tingkat kebersihan permukaan yang terdapat dalam standar ISO 8501-1. Tahapan pemeriksaan diawali dengan mempersiapkan standar ISO 8501-1 sebagai acuan, kemudian mengambil seluruh spesimen yang telah selesai mengalami proses *blasting*. Selanjutnya, kondisi visual permukaan masing-masing spesimen dibandingkan dengan tingkat kebersihan yang tercantum dalam standar, seperti Sa 1, Sa 2, Sa 2½, dan Sa 3.

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan sebelum dan setelah pengujian korosi menggunakan alat *micro depth gauge* seperti pada Gambar 2. Sebelum pengukuran, alat terlebih dahulu dikalibrasi dengan meletakkannya pada permukaan datar atau kaca untuk memastikan ketepatan hasil pengukuran. Pengukuran dilakukan pada tiga titik berbeda pada setiap spesimen, dengan masing-masing titik dilakukan sebanyak tiga kali pembacaan.



Gambar 2. *Micro Depth Gauge*. Sumber: dokumen pribadi.



Gambar 3. Proses perendaman spesimen pada pengujian korosi. Sumber: dokumen pribadi.

Pengujian laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan massa (*weight loss*) dengan mengacu pada standar ASTM G31-72 [26]. Setiap spesimen direndam secara terpisah dalam 250 mL larutan NaCl 3,5% selama 14 hari kalender seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Sebelum proses perendaman, setiap wadah diberi identitas sesuai dengan variasi perlakuan spesimen. Selanjutnya, masing-masing spesimen ditimbang untuk memperoleh massa awal dan hasilnya dicatat. Larutan NaCl 3,5% disiapkan sebanyak 250 mL untuk setiap wadah perendaman. Setelah proses perendaman selama 14 hari, spesimen diangkat dari larutan, kemudian produk korosi yang terbentuk pada permukaan dibersihkan. Spesimen selanjutnya dikeringkan dan ditimbang kembali untuk memperoleh massa akhir. Selisih antara massa awal dan massa akhir digunakan untuk menentukan kehilangan massa (*weight loss*) yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan laju korosi pada Persamaan (1). Seluruh prosedur pengujian dilakukan dengan kondisi dan tahapan yang sama untuk setiap variasi perlakuan agar hasil yang diperoleh dapat dibandingkan berdasarkan variasi ukuran *steel shot* dan tekanan *nozzle*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan Pengujian Kebersihan Blasting

Hasil pemeriksaan tingkat kebersihan permukaan setelah proses *dry abrasive blasting* pada baja ASTM A36 ditunjukkan pada Tabel 2 dengan mengacu pada standar ISO 8501-1. Berdasarkan hasil pemeriksaan, seluruh spesimen menunjukkan tingkat kebersihan permukaan Sa 2½, seperti ditunjukkan pada Gambar 4, yang dikategorikan sebagai pembersihan dengan penyemprotan abrasif sangat menyeluruh hingga mendekati kondisi logam putih. Dengan demikian, variasi ukuran *steel shot* S390 dan S460 serta tekanan *nozzle* 6, 7, dan 8 bar tidak menghasilkan perbedaan tingkat kebersihan permukaan secara visual. Berdasarkan ISO 8501-1, tingkat kebersihan Sa 2½ menunjukkan bahwa permukaan telah dibersihkan secara sangat menyeluruh dari minyak, *grease*, kotoran, *mill scale*, karat, lapisan sebelumnya, dan kontaminan lainnya, dengan hanya sedikit noda atau sisa kontaminan yang masih diperbolehkan.

Tabel 2. Hasil pengujian kebersihan permukaan baja ASTM A36 hasil proses *dry abrasive blasting*.

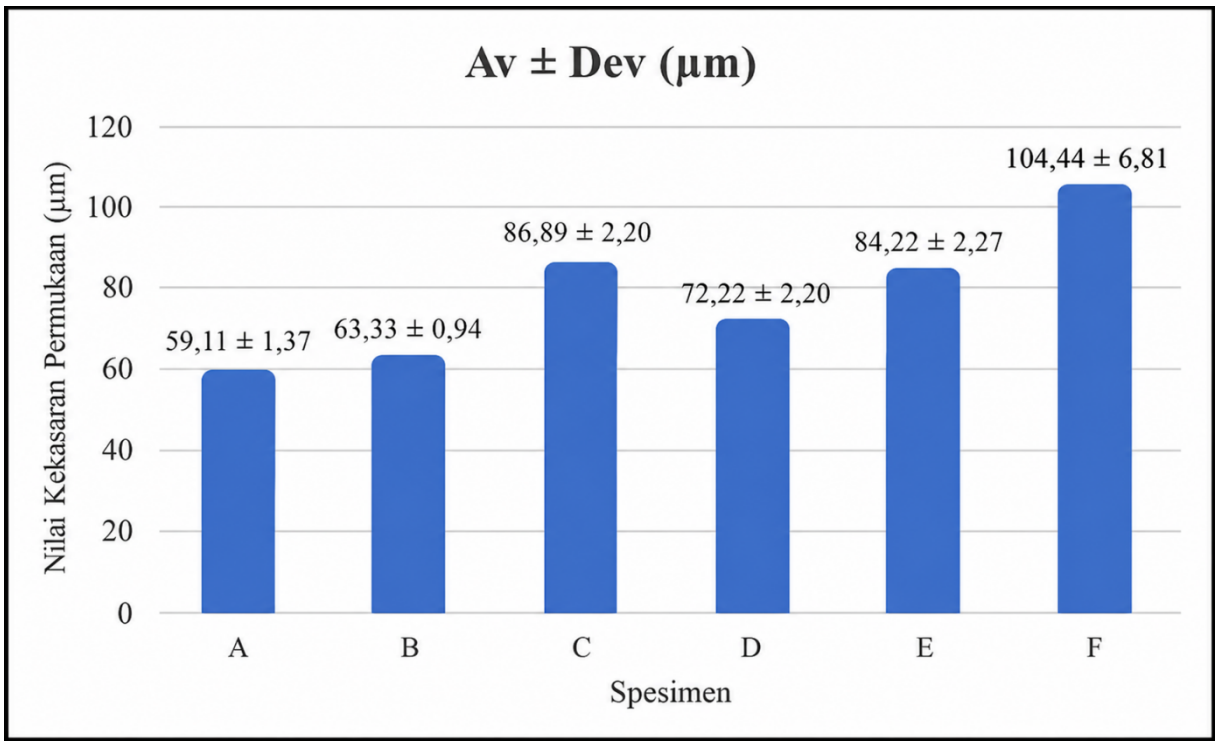
No.	Kode Spesimen	*Steel Shot*	Ukuran (mm)	Tekanan *nozzle* (mm)	Tingkat Kebersihan
1.	A1	S390	1.2	6	Sa 2½
2.	A2				Sa 2½
3.	A3				Sa 2½
4.	B1			7	Sa 2½
5.	B2				Sa 2½
6.	B3				Sa 2½
7.	C1			8	Sa 2½
8.	C2				Sa 2½
9.	C3				Sa 2½
10.	D1	S460	1.4	6	Sa 2½
11.	D2				Sa 2½
12.	D3				Sa 2½
13.	E1			7	Sa 2½
14.	E2				Sa 2½
15.	E3				Sa 2½
16.	F1			8	Sa 2½
17.	F2				Sa 2½
18.	F3				Sa 2½

Kesamaan tingkat kebersihan Sa 2½ pada seluruh variasi menunjukkan bahwa tekanan terendah, yaitu 6 bar, telah menghasilkan energi tumbukan yang memadai untuk membersihkan permukaan baja ASTM A36 hingga mencapai tingkat pembersihan sangat menyeluruh. Peningkatan tekanan menjadi 7 dan 8 bar tidak menyebabkan perubahan klasifikasi kebersihan menjadi Sa 3. Hal ini menunjukkan bahwa setelah permukaan mencapai tingkat kebersihan Sa 2½, peningkatan energi tumbukan tidak selalu menghasilkan perubahan klasifikasi kebersihan secara visual, tetapi lebih berpotensi memengaruhi karakteristik topografi permukaan, seperti profil dan kekasaran permukaan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Chander *et al.* [5]

yang menunjukkan bahwa parameter proses *grit blasting*, termasuk tekanan dan ukuran abrasif, dapat memengaruhi kondisi permukaan substrat baja, terutama karakteristik kekasaran dan perubahan permukaan akibat tumbukan partikel abrasif. Penelitian lain mengenai proses *sandblasting* pada baja karbon rendah SS400 menggunakan *steel grit* G25 juga menunjukkan bahwa proses *blasting* efektif menghasilkan kondisi permukaan yang memenuhi standar *surface preparation*, sedangkan perubahan parameter proses memberikan pengaruh yang lebih nyata terhadap karakteristik profil dan kekasaran permukaan [27].

Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekasaran Permukaan

Berdasarkan grafik pada Gambar 4, terlihat bahwa variasi tekanan *nozzle* memberikan pengaruh yang jelas terhadap nilai kekasaran permukaan. Pada penggunaan *steel shot* S390, nilai kekasaran sebelum perendaman meningkat dari 59,11 ± 1,37 µm pada tekanan 6 bar, menjadi 63,33 ± 0,94 µm pada 7 bar, dan mencapai 86,89 ± 2,20 µm pada 8 bar. Pola yang sama juga diperoleh pada penggunaan *steel shot* S460, yaitu sebesar 72,22 ± 2,20 µm pada 6 bar, meningkat menjadi 84,22 ± 2,27 µm pada 7 bar, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 104,44 ± 6,81 µm pada tekanan 8 bar.



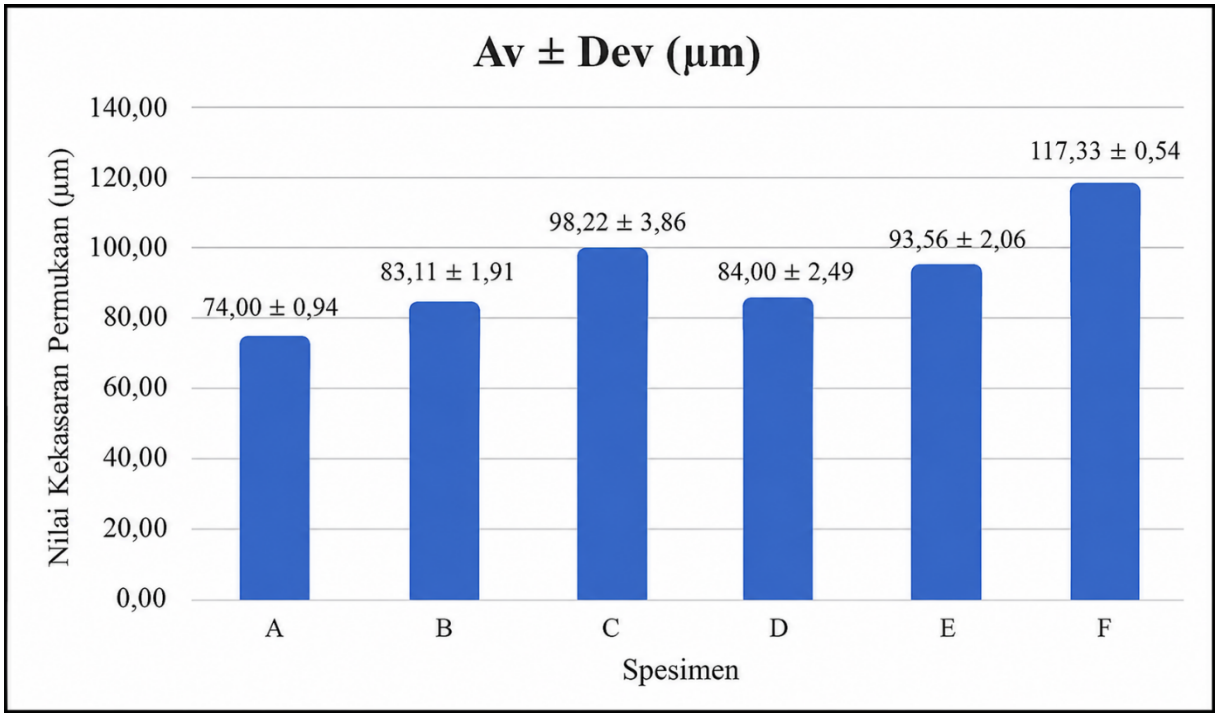
Gambar 4. Grafik nilai kekasaran permukaan baja ASTM A36 sebelum perendaman dalam larutan NaCl 3,5%.

Kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan tekanan *nozzle* meningkatkan kekasaran permukaan baja ASTM A36. Secara mekanis, tekanan udara yang lebih tinggi meningkatkan kecepatan partikel abrasif ketika keluar dari *nozzle*. Peningkatan kecepatan tersebut menyebabkan energi kinetik partikel yang menumbuk permukaan menjadi lebih besar. Energi tumbukan yang lebih tinggi menyebabkan proses deformasi plastis, pengikisan, dan pembentukan lembah pada permukaan berlangsung lebih intensif sehingga menghasilkan perbedaan tinggi antara puncak dan lembah permukaan yang semakin besar. Penelitian Yetik *et al.* [6] menunjukkan bahwa peningkatan tekanan *blasting* dan ukuran partikel abrasif secara bersamaan meningkatkan kekasaran permukaan serta mengubah topografi tiga dimensi material hasil *grit blasting*. Penelitian Chander *et al.* [5] pada substrat baja karbon rendah juga menunjukkan bahwa ukuran abrasif dan parameter proses, termasuk tekanan *blasting*, berpengaruh terhadap karakteristik kekasaran dan mekanisme penghilangan material pada permukaan baja.

Selain pengaruh tekanan, ukuran *steel shot* juga memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kekasaran permukaan. Pada tekanan 6 bar, penggunaan *steel shot* S460 menghasilkan kekasaran 72,22 µm, lebih tinggi dibandingkan S390 sebesar 59,11 µm. Pada tekanan 7 bar, nilai kekasaran S460 sebesar 84,22 µm, sedangkan S390 sebesar 63,33 µm. Perbedaan yang sama juga terjadi pada tekanan 8

bar, dengan nilai kekasaran tertinggi diperoleh pada S460 sebesar 104,44 µm, dibandingkan S390 sebesar 86,89 µm. Dengan demikian, pada setiap tekanan yang sama, *steel shot* dengan ukuran lebih besar secara konsisten menghasilkan permukaan yang lebih kasar. Fenomena tersebut dapat dikaitkan dengan massa partikel abrasif. Dengan meningkatnya massa partikel, energi tumbukan terhadap permukaan juga meningkat apabila kecepatan partikel relatif sama. Akibatnya, *steel shot* S460 menghasilkan deformasi dan pengikisan yang lebih dalam sehingga membentuk profil permukaan dengan puncak dan lembah yang lebih besar. Hasil ini sejalan dengan penelitian Yetik *et al.* [6] yang melaporkan bahwa peningkatan ukuran partikel abrasif menghasilkan peningkatan kekasaran permukaan.

Namun demikian, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa peningkatan kekasaran tidak bersifat seragam pada setiap kenaikan tekanan. Sebagai contoh, pada S390 peningkatan dari 6 ke 7 bar hanya sebesar 4,22 µm, sedangkan peningkatan dari 7 ke 8 bar mencapai 23,56 µm. Pada S460, peningkatan dari 6 ke 7 bar sebesar 12,00 µm, sedangkan dari 7 ke 8 bar sebesar 20,22 µm. Hal ini menunjukkan bahwa respons permukaan terhadap peningkatan tekanan dapat bersifat nonlinier. Selain tekanan dan ukuran abrasif, pembentukan profil permukaan juga dapat dipengaruhi oleh faktor lain, seperti distribusi ukuran partikel, bentuk abrasif, sudut tumbukan, jarak *nozzle*, dan karakteristik mekanik material. Studi mengenai pengaruh sudut tumbukan juga menunjukkan bahwa parameter proses *blasting* dapat secara signifikan mengubah topografi dan kekasaran permukaan [28].



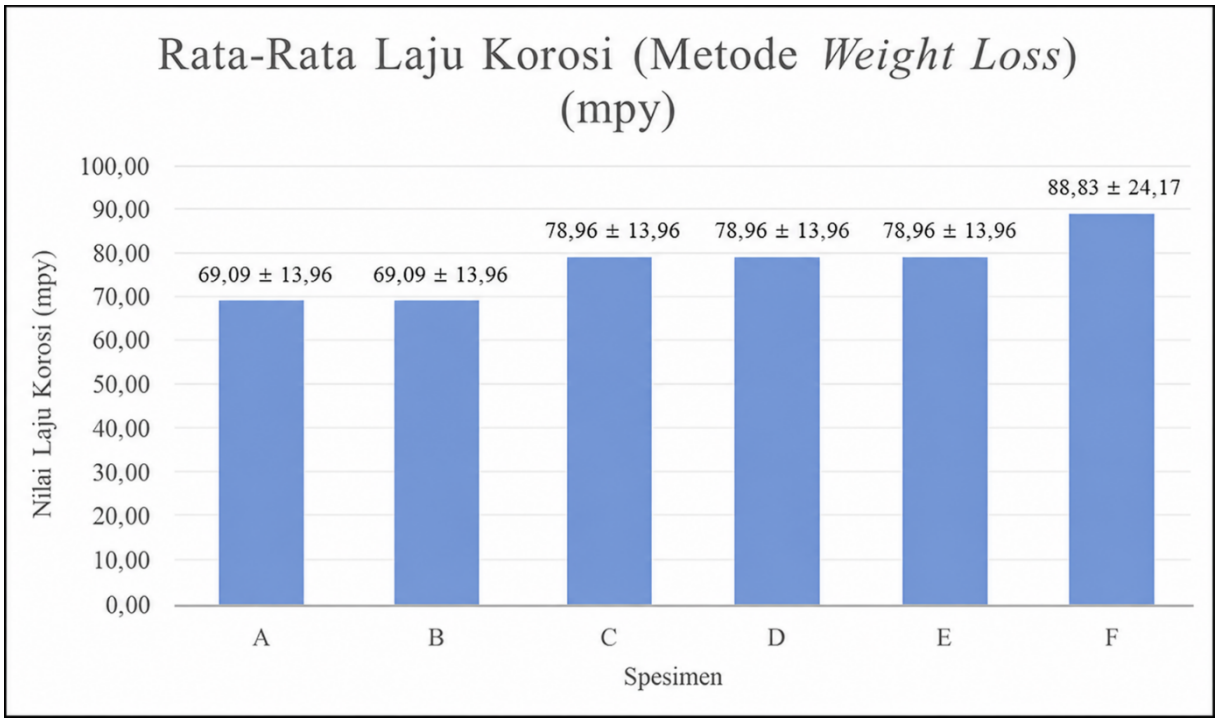
Gambar 5. Grafik nilai kekasaran permukaan baja ASTM A36 setelah perendaman dalam larutan NaCl 3,5%.

Setelah dilakukan perendaman dalam larutan NaCl 3,5% selama 14 hari yang ditunjukkan pada Gambar 5, seluruh spesimen menunjukkan peningkatan nilai kekasaran dibandingkan kondisi sebelum perendaman. Pada kelompok S390, kekasaran meningkat dari 59,11 menjadi 74,00 µm pada tekanan 6 bar, dari 63,33 menjadi 83,11 µm pada tekanan 7 bar, dan dari 86,89 menjadi 98,22 µm pada tekanan 8 bar. Sementara itu, pada kelompok S460, nilai kekasaran meningkat dari 72,22 menjadi 84,00 µm pada tekanan 6 bar, dari 84,22 menjadi 93,56 µm pada tekanan 7 bar, serta dari 104,44 menjadi 117,33 µm pada tekanan 8 bar. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa paparan media korosif menyebabkan perubahan topografi permukaan. Selama perendaman dalam larutan NaCl 3,5%, permukaan baja mengalami proses korosi elektrokimia yang melibatkan reaksi anodik berupa pelarutan logam dan reaksi katodik pada permukaan material. Proses tersebut dapat menyebabkan serangan korosi yang tidak merata, pelarutan lokal, serta pembentukan produk korosi, sehingga meningkatkan ketidakteraturan topografi permukaan dan menghasilkan perubahan profil antara bagian puncak dan lembah permukaan [3, 29]. Perubahan

karakteristik permukaan akibat proses korosi ini selanjutnya dapat menyebabkan nilai kekasaran setelah perendaman menjadi lebih tinggi dibandingkan kondisi sebelum paparan media korosif [30].

Hasil dan Pembahasan Pengujian Laju Korosi

Hasil perhitungan laju korosi baja ASTM A36 setelah proses *dry abrasive blasting* dan perendaman dalam larutan NaCl 3,5% selama 14 hari ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil pengujian, terdapat kecenderungan umum bahwa spesimen dengan kekasaran permukaan yang lebih tinggi menunjukkan laju korosi yang relatif lebih tinggi, meskipun hubungan tersebut tidak bersifat linier pada seluruh spesimen. Spesimen A dengan kekasaran permukaan terendah sebesar 59,11 ± 1,37 µm menghasilkan laju korosi sebesar 69,09 ± 13,96 mpy, sedangkan spesimen F dengan kekasaran permukaan tertinggi sebesar 104,44 ± 6,81 µm menghasilkan laju korosi tertinggi sebesar 88,83 ± 24,17 mpy. Namun demikian, beberapa spesimen dengan nilai kekasaran permukaan yang berbeda menunjukkan laju korosi yang relatif sama, sehingga peningkatan kekasaran tidak dapat dinyatakan sebagai satu-satunya faktor yang menentukan laju korosi. Kecenderungan umum tersebut dapat dijelaskan melalui pengaruh topografi permukaan terhadap interaksi antara baja dan media korosif. Permukaan yang lebih kasar memiliki profil yang lebih kompleks dengan jumlah puncak dan lembah yang lebih banyak, sehingga kondisi antarmuka antara material dan larutan elektrolit menjadi lebih heterogen. Daerah lembah pada permukaan berpotensi menjadi lokasi akumulasi larutan dan produk korosi serta dapat memengaruhi proses korosi lokal. Penelitian mengenai baja karbon dalam lingkungan NaCl juga menunjukkan bahwa peningkatan kekasaran permukaan dapat meningkatkan laju korosi, dengan spesimen yang lebih kasar menunjukkan nilai laju korosi yang lebih tinggi berdasarkan pengujian *weight loss* [31]. Penelitian Li dan Cheng menunjukkan bahwa peningkatan kekasaran permukaan baja karbon dapat meningkatkan aktivitas korosi pada tahap awal melalui perubahan karakteristik topografi permukaan dan perkembangan fitur korosi lokal [32]. Selain itu, penelitian terhadap baja karbon yang mengalami perlakuan *abrasive blasting* menunjukkan bahwa perubahan kondisi dan kekasaran permukaan akibat proses *blasting* dapat memengaruhi perilaku elektrokimia dan ketahanan korosi material dalam larutan NaCl 3,5% [22, 33]. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan adanya kecenderungan antara kekasaran permukaan dan laju korosi, tetapi hubungan tersebut tidak sepenuhnya konsisten pada seluruh spesimen karena respons korosi juga dipengaruhi oleh karakteristik permukaan dan kondisi elektrokimia lainnya.



Gambar 6. Grafik nilai rata-rata laju korosi baja ASTM A36 menggunakan metode *weight loss*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian mengenai pengaruh ukuran *steel shot* dan tekanan *nozzle* terhadap tingkat kebersihan, kekasaran permukaan, dan laju korosi hasil proses *dry abrasive blasting* pada baja ASTM A36, dapat disimpulkan bahwa variasi ukuran *steel shot*, yaitu S390 berukuran 1,2 mm dan S460 berukuran 1,4 mm, serta tekanan *nozzle* sebesar 6, 7, dan 8 bar tidak menghasilkan perbedaan tingkat kebersihan permukaan secara visual. Berdasarkan pemeriksaan *cleanliness* sesuai standar ISO 8501-1, seluruh spesimen mencapai tingkat kebersihan Sa 2½ atau pembersihan dengan penyemprotan abrasif sangat menyeluruh (*very thorough blast-cleaning*). Variasi ukuran *steel shot* dan tekanan *nozzle* menghasilkan perbedaan nilai kekasaran permukaan. Nilai rata-rata kekasaran permukaan tertinggi sebelum perendaman dalam larutan korosif diperoleh pada spesimen F, yang menggunakan *steel shot* S460 berukuran 1,4 mm dengan tekanan *nozzle* 8 bar, yaitu sebesar 104,44 ± 6,81 µm. Setelah perendaman, spesimen F juga menunjukkan nilai kekasaran permukaan tertinggi, yaitu sebesar 117,33 ± 0,54 µm. Pengujian laju korosi menggunakan metode *weight loss* menunjukkan bahwa nilai rata-rata laju korosi tertinggi juga diperoleh pada spesimen F dengan penggunaan *steel shot* S460 berukuran 1,4 mm dan tekanan *nozzle* 8 bar, yaitu sebesar 88,83 ± 24,17 mpy. Secara umum, spesimen dengan kekasaran permukaan yang lebih tinggi menunjukkan kecenderungan memiliki laju korosi yang lebih tinggi, meskipun hubungan tersebut tidak bersifat linier pada seluruh spesimen. Dengan demikian, variasi ukuran *steel shot* dan tekanan *nozzle* tidak membedakan tingkat kebersihan permukaan secara visual, tetapi berpengaruh terhadap karakteristik kekasaran permukaan dan menunjukkan kecenderungan terhadap perubahan laju korosi pada baja ASTM A36.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. E. Afiuddin, R. Z. Hibriza, and D. R. M. Isnadina, "Karakterisasi dan Pemilihan Alat Pengendali Limbah Sandblasting di Bengkel Blasting Industri Konstruksi Kapal," *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan,* vol. 4, no. 2, pp. 11-17, 2019.

[2] Z. Sativa, P. M. Manik, and O. Mursid, "Analisis Pengaruh Perbedaan Surface Preparation Dengan Variasi Jenis Cat Terhadap Kekuatan Adhesi Dan Ketahanan Impact Coating Pada Baja Ss400," *Jurnal rekayasa mesin,* vol. 15, no. 2, pp. 1129-1141, 2024.

[3] A. Kim, S. Kainuma, and M. Yang, "Surface characteristics and corrosion behavior of carbon steel treated by abrasive blasting," *Metals,* vol. 11, no. 12, p. 2065, 2021.

[4] B. Utomo, S. Sugeng, S. Sulaiman, and A. Windyandari, "Aplikasi Teknik Pembersihan Plat Baja Karbon Pada Lambung Kapal Dengan Metode Sandblasting," *Jurnal Pengabdian Vokasi,* vol. 1, no. 2, pp. 79-82, 2019.

[5] K. P. Chander, M. Vashista, K. Sabiruddin, S. Paul, and P. Bandyopadhyay, "Effects of grit blasting on surface properties of steel substrates," *Materials & Design,* vol. 30, no. 8, pp. 2895-2902, 2009.

[6] O. Yetik, H. Koçoğlu, Y. Y. Avcu, E. Avcu, and T. Sınmazçelik, "The effects of grit size and blasting pressure on the surface properties of grit blasted Ti6Al4V alloy," *Materials Today: Proceedings,* vol. 32, pp. 27-36, 2020.

[7] A. Bechikh, O. Klinkova, Y. Maalej, I. Tawfiq, and R. Nasri, "Sandblasting parameter variation effect on galvanized steel surface chemical composition, roughness and free energy," *International Journal of Adhesion and Adhesives,* vol. 102, p. 102653, 2020.

[8] S. Park, S. Kainuma, M. Yang, A. Kim, T. Ikeda, Y. Toyota, and T. Arakawa, "Advancements in abrasive water-jet treatment for efficient surface cleaning and comprehensive corrosion removal in steel structures," *Journal of Building Engineering,* vol. 84, p. 108623, 2024.

[9] A. Jaenal, "Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0, 2% hingga karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras dengan mencegah dislokasi," *Momentum,* vol. 13, no. 1, pp. 27-31, 2017.

[10] D. ASTM, "A36/A36M-08–Standard Specification for Carbon Structural Steel," or A992/A992M-06A, Grade 50–Standard Specification for Structural Steel Shapes, 2014.
[11] B. Utomo, "Jenis korosi dan penanggulangannya," *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan,* vol. 6, no. 2, pp. 138-141, 2009.
[12] D. A. Jones, "Principles and prevention," *Corrosion,* vol. 2, no. 168, p. 83, 1996.
[13] W. D. Kurniawan and P. Periyanto, "Proses Sandblasting dan Coating Pada Kapal di PT. Dok Perkapalan Surabaya," *Otopro,* pp. 44-53, 2018.
[14] ISO, "ISO 8501-1: Preparation of steel substrates before application of paints and related products–visual assessment of surface cleanliness–part 1: rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings," ed: International Organization for Standardization Geneva, Switzerland, 2007.
[15] M. A. Waliardi, "Analisa Pengaruh Material Abrasif Baru Dan Bekas (Re-Use) Dengan Komposisi Campuran Pada Proses Sandblasting Baja ASTM A36 Terhadap Daya Lekat Cat Dan Laju Korosi," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2022.
[16] R. W. Revie and H. H. Uhlig, *Corrosion and corrosion control*. Wiley Online Library, 2008.
[17] H. Ginting, "Analisis laju korosi pada seng menggunakan metode weight loss pada media air asin," *JURNAL HADRON,* vol. 6, no. 2, pp. 45-49, 2024.
[18] H. Irawan, M. I. Ali, and A. W. Kanaka, "Analisis Laju Korosi Baja Ss-Aisi 304 Media Air Laut, Air Payau, dan Air Kolam Pada Rangka Mesin Pakan Ikan Otomatis," in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 2023.
[19] H. Bensabra and N. Azzouz, "Study of rust effect on the corrosion behavior of reinforcement steel using impedance spectroscopy," *Metallurgical and Materials Transactions A,* vol. 44, no. 13, pp. 5703-5710, 2013.
[20] B. J. Griffiths, D. T. Gawne, and G. Dong, "The erosion of steel surfaces by grit-blasting as a preparation for plasma spraying," *Wear,* vol. 194, no. 1-2, pp. 95-102, 1996.
[21] M. As' ad, B. W. Febriantoko, T. W. B. Riyadi, and R. F. Pahlevi, "The Influence of Air Pressure on Surface Roughness Values in the Sandblasting Process of ST-37 Steel Plates," *Engineering Proceedings,* vol. 63, no. 1, p. 28, 2024.
[22] N. Bogatu, A. C. Muresan, L. Mardare, V. Ghisman, A. Ravoiu, F. M. Dima, and D. L. Buruiana, "The influence of different type materials of grit blasting on the corrosion resistance of S235JR carbon steel," *Inventions,* vol. 8, no. 1, p. 39, 2023.
[23] S.-H. PARK, S. KAINUMA, T. IKEDA, Y. TOYOTA, and Y. MORITA, "Effect of surface characteristics of abrasive water-jet treatment on corrosion behavior of carbon steel," *材料と環境,* vol. 72, no. 5, pp. 169-178, 2023.
[24] E. Çelik, A. Demirkıran, and E. Avcı, "Effect of grit blasting of substrate on the corrosion behaviour of plasma-sprayed Al2O3 coatings," *Surface and Coatings Technology,* vol. 116, pp. 1061-1064, 1999.
[25] G. Chen *et al.*, "Effect of surface roughness on the corrosion behavior of CLAM steel weld bead in flowing LBE at 550° C," *Nuclear Engineering and Design,* vol. 455, p. 114970, 2026.
[26] G. Astm, "G 31-72: Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals," *Annual Book of Standards,* vol. 3, pp. 1-8, 2004.
[27] M. Muslimin, A. M. Muhamad, F. Triawan, and A. B. D. Nandiyanto, "Surface characteristics of low carbon steel JISG3101SS400 after sandblasting process by steel grit G25," *Journal of Engineering Research,* vol. 10, no. 2, pp. 193-204, 2022.
[28] H. Koçoğlu, Y. Y. Avcu, O. Yetik, E. Avcu, and T. Sınmazçelik, "Surface Properties of Titanium Alloys Grit Blasted at Various Particle Impingement Angles," *Materials Today: Proceedings,* vol. 32, pp. 18-26, 2020.

[29] N. M. Hanafi, R. Asih, Y. Winardi, K. Winangun, Fadelan, R. Arifin, and Darminto, "Effect of Air Pressure in Sandblasting on Surface Roughness of Aluminum 6061-T6," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2026, vol. 3238, no. 1: IOP Publishing, p. 012007.
[30] M. F. Montemor, "Functional and smart coatings for corrosion protection: A review of recent advances," *Surface and Coatings Technology,* vol. 258, pp. 17-37, 2014.
[31] M. A. M. J. Al-Khateeb, "An experimental and modelling study of the effect of surface roughness on mass transfer and corrosion in co2 saturated oilfield environments," University of Leeds, 2019.
[32] Y. Li and Y. F. Cheng, "Effect of surface finishing on early-stage corrosion of a carbon steel studied by electrochemical and atomic force microscope characterizations," *Applied Surface Science,* vol. 366, pp. 95-103, 2016.
[33] D. L. Buruiană, A. C. Mureşan, N. Bogatu, V. Ghisman, E. E. Herbei, and V. Başliu, "Corrosion tendency of S235 steel in 3.5% NaCl solution and drinking water during six months of exposure," *Materials,* vol. 17, no. 23, p. 5979, 2024.